



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

# **Ασύρματη επιτήρηση θερμοκρασίας και υγρασίας σε ψυγεία αίματος**

**Αθανασόπουλος Παρασκευάς**

**Αριθμός Μητρώου: 48014004**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Παντελεήμων Ασβεστάς, Καθηγητής**

**Αθήνα 25/07/2023**

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς

Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Δημήτριος Γκλώτσος

Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

Σπυρίδων Κωστόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η υπογράφων/~~ουσα~~ Αθανασόπουλος Παρασκευάς του Φιλίππου, με αριθμό μητρώου 14004 φοιτητής/~~τρια~~ του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

25/07/2023

Ο/Η Δηλών/ούσα

Α.Θ. Αθανασόπουλος

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της εργασίας είναι να κατασκευαστεί μια διάταξη όπου θα μετράει θερμοκρασία και υγρασία σε ειδικά ψυγεία συντήρησης αίματος, με ταυτόχρονη υποστήριξη δυο μετρητικών αισθητήρων (DHT22), τα δεδομένα θα μεταδίδονται ασύρματα και θα υπάρχει απεικόνιση για τον χρήστη ή το νοσηλευτικό προσωπικό σε οθόνη LCD καθώς και Η/Υ. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιγράφεται προσεχώς. Η συνολική διάταξη αποτελείται από τον αποστολέα και από τον δέκτη. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του αποστολέα αφορά την λήψη μετρήσεων της θερμοκρασίας και υγρασίας εντός του ψυγείου, την συλλογή των πληροφοριών και την μετατροπή σε δεδομένα που μπορούν να υποστούν επεξεργασία, τα δεδομένα επεξεργάζονται και ελέγχονται διάφοροι παράμετροι και κατώφλια ασφαλείας τέλος η μονάδα που βρίσκεται εντός του ψυγείου μεταδίδει ασύρματα την πληροφορία μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RF). Ο δέκτης λαμβάνει την πληροφορία όπου ελέγχει την ορθότητα των στοιχείων, τα μετατρέπει σε επεξεργάσιμα, για τον δέκτη, δεδομένα, τα απεικονίζει σε οθόνη LCD που είναι ευανάγνωστη στον χρήστη/χειριστή της κατασκευής και στην συνέχεια σειριακά τα στέλνει σε Η/Υ. Οι δυο διατάξεις δέκτη – αποστολέα υλοποιούνται και προγραμματίζονται με χρήση Arduino Uno, όπου ο κώδικας παρουσιάζεται στο παράρτημα και τα σχετικά ηλεκτρονικά κυκλώματα στην ενότητα της μεθοδολογίας. Ο Η/Υ, μέσω του Processing και με κατάλληλο κώδικα όπου παραθέτετε στο παράρτημα, επεξεργάζεται κι απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο μέσω γραφημάτων στην οθόνη του υπολογιστή. Με την κατασκευή της εργασίας και την έναρξη λειτουργίας της, τα αποτελέσματα είναι τα θεμιτά. Το δίκτυο των αισθητήρων λειτουργεί πλήρως, ο θόρυβος δεν επεμβαίνει στην ασύρματη επικοινωνία και η απεικόνιση στην LCD οθόνη και στην οθόνη του υπολογιστή είναι η αρμόζουσα. Στην συνέχεια, μετά από δοκιμές και ελέγχους παρουσιάζονται συγκεντρωτικοί πίνακες όπου ερμηνεύουν τις προδιαγραφές της κατασκευής για λόγους κυρίως τεχνικούς. Τέλος, ακολουθούν τα συμπεράσματα από όλη την εργασία και ο επιμέρους σχολιασμός τους. Αναφέρεται στην περίληψη πως η εργασία εκτελέστηκε επιτυχώς με τα επιθυμητά αποτελέσματα.

***Λέξεις Κλειδιά: lcd, Arduino, Ασύρματη, RF, Θερμοκρασία, Υγρασία, Processing***

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 ΤΟ ΑΙΜΑ</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 ΣΤΟΙΧΕΙΜΑ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 ΤΟ ΠΛΑΣΜΑ</b> .....	<b>8</b>
<b>1.4 ΚΥΤΤΑΡΑ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4.1 ΕΡΥΘΡΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4.2 ΛΕΥΚΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4.3 ΛΕΜΦΟΚΥΤΤΑΡΑ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 ΑΙΜΟΠΕΤΑΛΙΑ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.5 ΤΡΑΠΕΖΑ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.6 ΜΕΤΑΜΟΣΧΕΥΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>12</b>
<b>1.7 ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΜΟΣΧΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>15</b>
<b>1.8 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>15</b>
<b>1.9 ΨΥΓΕΙΑ ΑΙΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>17</b>
<b>1.10 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ</b> .....	<b>21</b>
<b>1.11 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ</b> .....	<b>24</b>
<b>1.12 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ</b> .....	<b>27</b>
<b>1.13 ΗΧΗΤΙΚΕΣ ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ (alarm)</b> .....	<b>29</b>
<b>1.14 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ – ΔΕΔΟΜΕΝΟ</b> .....	<b>31</b>
<b>1.15 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>31</b>
<b>1.16 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b> .....	<b>33</b>
<b>1.17 PROCESSING</b> .....	<b>34</b>
<b>1.18 ARDUINO</b> .....	<b>35</b>
<b>1.19 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ</b> .....	<b>39</b>
<b>1.20 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ</b> .....	<b>39</b>
<b>2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b>	
<b>2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>42</b>
<b>2.1 BREAKOUT BOARD FOR MICRO SD CARD MINI</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2 16x2 CHARACTER LCD – WHITE ON BLUE 5V</b> .....	<b>44</b>
<b>2.3 TEMPERATURE AND HUMIDITY SENSOR – AM2302(DHT22)</b> .....	<b>45</b>

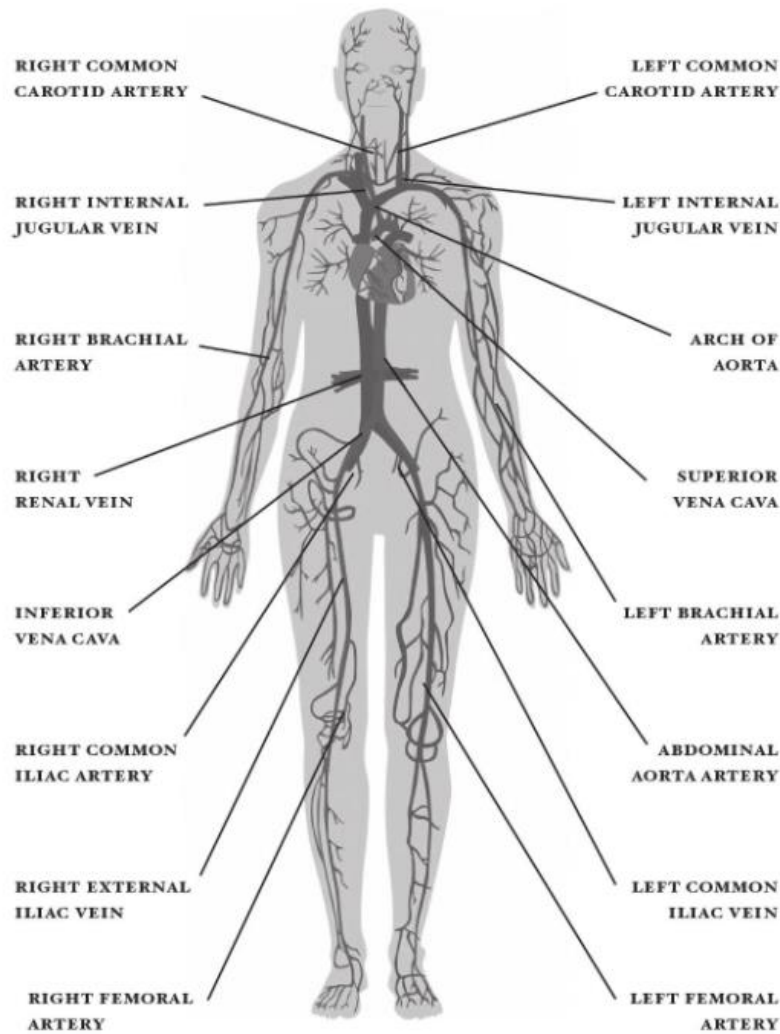
<b>2.4 RF LINK TRANSMITTER AND RECEIVER – 433 MHz</b> .....	<b>46</b>
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>50</b>
<b>4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>52</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>56</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	<b>58</b>

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύγχρονες ανάγκες στα νοσοκομεία, απαιτούν συνεχή επαγρύπνηση καθώς ο φόρτος εργασίας αυξάνεται. Το υγειονομικό προσωπικό, έρχεται αντιμέτωπο καθημερινά με νέες προκλήσεις εκ των οποίων ο όγκος μεγαλώνει συνεχώς. Όπως χρησιμοποιούνται στις μονάδες εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) ή στις μονάδες αυξημένης φροντίδας (ΜΑΦ) κεντρικοί σταθμοί και συστήματα τηλεμετριών, έτσι και στις εγκαταστάσεις των νοσοκομείων όπου διατηρούνται ειδικά ψυγεία για μονάδες αίματος, θεωρείται απαραίτητο η ασύρματη επιτήρηση των εν λειτουργία τιμών υγρασίας και θερμοκρασίας. Έτσι, ο κάθε υπεύθυνος της βάρδιας, μπορεί να κάθεται σε μια συγκεκριμένη θέση και να παρατηρεί μια σειρά από μετρήσεις, χωρίς να χρειάζεται να αποχωρίζεται την θέση με οποιοδήποτε κίνδυνο αυτό συνεπάγεται. Το συγκεκριμένο θέμα, ασύρματη επιτήρηση θερμοκρασιών σε ψυγεία αίματος, όπου επιλέχθηκε για αυτήν την διπλωματική εργασία, θα μπορούσε να ανήκει στον κλάδο των αυτοματισμών, της πληροφορικής ή και των ηλεκτρονικών, αλλά επειδή εσωκλείει στην δημιουργία του θέματα βιολογίας, όπου και με βάση αυτά έχει σχεδιαστεί ο πυρήνας της εργασίας, το θέμα κατατάσσεται στον τομέα της Βιοϊατρικής.

## 1.1 Το Αίμα

Το αίμα είναι ένα από τα πιο βασικά στοιχεία της ανθρώπινης ζωής. Στο σώμα ενός ενήλικα, κυκλοφορούν περίπου 4 με 5 λίτρα αίματος, συνεχώς, εντός ενός πολύπλοκου και πολύμορφου δικτύου αγγείων. Το αίμα οδηγείται μέσω ισχυρών συσπάσεων του καρδιακού μυ. Καθώς απομακρύνεται από την καρδιά και περνάει από τους πνεύμονες, οξυγονώνεται με απώτερο σκοπό να οδηγηθεί μέσω μεγάλων αρτηριών και στην συνέχεια μέσω διάφορων δικτύων αγγείων, σαφώς, μικρότερα και στενότερα, στα κύτταρα των ιστών. Μια τυπική απεικόνιση του αγγειακού συστήματος εντοπίζεται στην εικόνα 1.1. Σε αυτό το σημείο σκοπός του είναι να μεταφέρει μια πληθώρα θρεπτικών συστατικών μαζί με το σημαντικότερο που είναι το οξυγόνο ( $O_2$ ) και να τροφοδοτήσει με αυτά τα εκάστοτε κύτταρα. Η διαδικασία όμως, περιλαμβάνει και την μεταφορά των αποβλήτων των κυττάρων μέσω του αίματος, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) όπου αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα όταν επιστρέψει στους πνεύμονες και κατά την διάρκεια της εκπνοής. Η βασική σύσταση του αίματος αποτελείται από εξειδικευμένα κύτταρα και υγρά. Κάθε ένα από τα επιμέρους συστατικά του, έχει μια η περισσότερες φυσιολογικές λειτουργίες, όπου και μπορούν να απομονωθούν στο εργαστήριο, για αυτό το λόγο ο προηγούμενος εργαστηριακός έλεγχος μπορεί να παρέχει τεράστιας ζωτικής σημασίας πληροφορίες. Παρόλου που το αίμα είναι εύκολα διαθέσιμο και μπορεί να αναλυθεί εκτενώς, εκκρεμεί ακόμα η πλήρη επεξήγηση για τον ρόλο των λευκών αιμοσφαιρίων σε παθολογικές διαδικασίες καθώς και στην άμυνα εναντίον μολύνσεων. Τεχνικά το αίμα είναι ένα υγρό όπου μεταφέρεται μέσω μιας αντλίας, της καρδιάς, σε όλο το σώμα, όπου κι επιστρέφει για να επαναληφθεί η διαδικασία. Σημαντικό επίσης είναι ότι το αίμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως υγρό αλλά και ως ιστός, κι αυτό διότι αποτελείται από επιμέρους κύτταρα όπου εξυπηρετούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Τα κύτταρα αυτά, στοιχίζονται σε ένα πλέγμα που αποτελεί το πλάσμα και αυτό καθιστά ρευστή την σύσταση του αίματος (Hillyer and C.D., 2007).



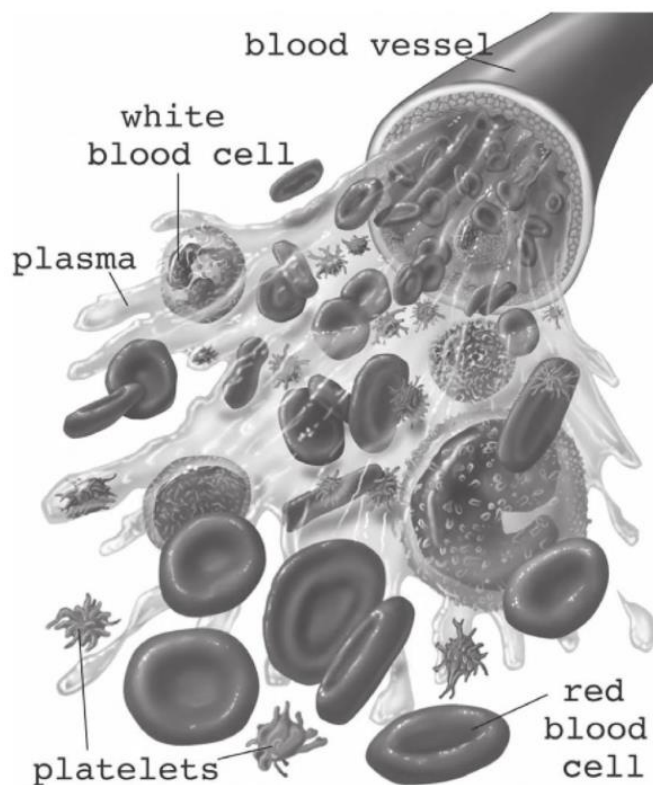
Εικόνα 1.1  
Καρδιαγγειακό ανθρώπινο δίκτυο  
(Hillyer and C.D., 2007)

## 1.2 Στοιχεία του Αίματος

Στους ανθρώπους το αίμα είναι ένα αδιαφανές κόκκινο υγρό, που ρέει ελεύθερα, αλλά με μεγαλύτερο ιξώδες και αρκετά πιο πυκνή σύσταση από το νερό. Το χαρακτηριστικό του χρώματος του, δίνεται από την αιμογλοβίνη, μια μοναδική πρωτεΐνη που εμπεριέχει σίδηρο. Η αιμογλοβίνη ανοίγει την απόχρωσή της όταν είναι κορεσμένη με οξυγόνο κι αντίθετα, σκουραίνει όταν το οξυγόνο αφαιρείτε. Για αυτό τον λόγο, αν γίνει σύγκριση σε ένα δείγμα αίματος από μη οξυγονωμένο αίμα σε μία φλέβα και από ένα δείγμα αρτηρίας όπου το αίμα είναι οξυγονωμένο, το αίμα της φλέβας έχει πιο σκοτεινή απόχρωση από το αίμα της φλέβας. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια αποτελούν περίπου το 45% του όγκου του αίματος, ενώ τα υπόλοιπα αιμοσφαίρια (λευκά αιμοσφαίρια και αιμοπετάλια), λιγότερο από 1%. Το ρευστό τμήμα του αίματος, το πλάσμα, είναι ένα καθαρό, ελαφρώς κολλώδες ωχροκίτρινο υγρό. Εντός του σώματος, το αίμα βρίσκεται συνεχώς σε μια τυρβώδη ροή η οποία διασφαλίζει ότι τα κύτταρά του και το πλάσμα είναι αναμειγμένα σε ισορροπία. Η συνολική ποσότητα αίματος στους ανθρώπους διαφέρει ανάλογα με την ηλικία, το φύλλο, το βάρος, τον σωματότυπο και



κάποιους άλλους παράγοντες αλλά ένας γενικός κανόνας λέει ότι το αίμα είναι σε μια αναλογία, για τους ενήλικες μεταξύ 60 με 65 ml ανά κιλό. Αυτός ο συνολικός όγκος (60-65 ml/kg), μπορεί να διαχωριστεί στον όγκο που αποτελείται από το πλάσμα του αίματος και στον όγκο των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Περίπου αυτή η σύσταση σε έναν νέο υγιή άντρα μπορεί να είναι 35 ml/kg πλάσμα αίματος και 30 ml/kg ερυθρά αιμοσφαίρια. Ο φυσιολογικός όγκος αίματος παρέχει την ικανότητα ώστε όταν υπάρξει απώλεια ενός όγκου αίματος εντός συγκεκριμένων ορίων, να είναι ανεκτή και μη προβληματική. Για αυτό τον λόγο η αφαίρεση 500 ml αίματος σε κάποια αιμοληψία είναι μια αβλαβής διαδικασία, μιας και επανέρχεται αρκετά γρήγορα μετά την απώλεια. Εντός ωρών, ο όγκος του πλάσματος επανέρχεται τοποθετώντας στην κυκλοφορία του αίματος επιπρόσθετα αγγειακά υγρά. Τα ερυθρά αιμοσφαίρια επανέρχονται εντός αρκετών εβδομάδων. Η τεράστια επιφάνεια της τριχοειδούς μεμβράνης όπου το νερό διαπερνά ελεύθερα, θα επέτρεπε στιγμιαία απώλεια πλάσματος από το κυκλοφοριακό αν δεν ήταν οι πρωτεΐνες του πλάσματος και συγκεκριμένα η Λευκωματίνη (Αλβουμίνη). Το φαινόμενο της ώσμωσης της παραπάνω πρωτεΐνης καθηλώνει την ρευστότητα εντός του κυκλοφοριακού, σε αντίθεση με τα υδροστατικά φαινόμενα όπου ωθούν το πλάσμα προς τους ιστούς (Hillyer and C.D., 2007). Στην εικόνα 1.2, απεικονίζεται η σύσταση του αίματος.



Εικόνα 1.2  
Σύσταση του Αίματος  
(Hillyer and C.D., 2007)

### 1.3 Πλάσμα

Το υγρό τμήμα του αίματος, το πλάσμα, είναι ένα σύνθετο μείγμα όπου εμπεριέχει περισσότερο από 90% νερό. Χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς των θρεπτικών στοιχείων στα κύτταρα των επιμέρους οργάνων και για την απομάκρυνση των αποβλήτων που προκύπτουν από τον κυτταρικό μεταβολισμό, προς τα νεφρά, το συκώτι και τους πνεύμονες

οπού εκεί θα συνεχιστεί η διαδικασία της εξαγωγής. Επίσης μεταφέρει και τα ερυθρά αιμοσφαίρια, και κατέχει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της πίεσης εντός φυσιολογικών επιπέδων. Το πλάσμα βοηθάει στην παραγωγή της θερμοκρασίας εκτός του σώματος και στην διατήρηση της ομοιόστασης. Το νερό του πλάσματος είναι εκ κατασκευής ελεύθερο να μεταφέρεται εντός των κυττάρων του σώματος κι έχει σκοπό την συνολική ενυδάτωσή του. Από όλα τα συστατικά του πλάσματος συνολικά το μεγαλύτερο ποσοστό το κατέχουν οι πρωτεΐνες όπου και αποτελούν το 7% του πλάσματος κατά βάρος και σε μεγαλύτερο ποσοστό παράγονται στο συκώτι. Στην πραγματικότητα η μόνη διαφορά που έχει το πλάσμα με το εξωκυττάριο υγρό, είναι η υψηλή συγκέντρωση πρωτεϊνών όπου υπάρχει στο πλάσμα. Οι πρωτεΐνες του πλάσματος, συντελούν σε ένα ωσμωτικό φαινόμενο που έχει την τάση να προκαλεί το νερό από άλλα εξωκυττάρια υγρά να μετακινείται προς το πλάσμα. Όταν γίνεται πέψη κάποιας πρωτεΐνης από το γαστρεντερικό σύστημα, μεμονωμένα αμινοξέα ελευθερώνονται από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες και απορροφώνται. Τα αμινοξέα μεταφέρονται μέσω του πλάσματος σε όλα τα μέρη του σώματος, στην συνέχεια τα εκλαμβάνουν τα κύτταρα και συνδυάζονται με συγκεκριμένους τρόπους ώστε να σχηματιστούν οι απαραίτητες πρωτεΐνες. Η κύρια πρωτεΐνη του πλάσματος είναι η Αλβουμίνη, ένα σχετικά μικρό μόριο όπου η σύνθεση του γίνεται στο συκώτι και με πρωτεύον λειτουργία την διατήρηση του νερού μέσω του φαινομένου της ώσμωσης κατά την διάρκεια της ροής του αίματος. Η Αλβουμίνη, αποτελεί το 60% της σύστασης του συνόλου των πρωτεϊνών του πλάσματος και η συνολική ποσότητά της εξαρτάται από τον συνολικό όγκο του πλάσματος. Η ανεπάρκεια σε Αλβουμίνη έχει ως συνέπεια να γίνεται επιτρεπτή η «διάρροη» υγρών από το σύστημα του κυκλοφοριακού προς τους μαλακούς ιστούς όπου και συγκεντρώνονται προκαλώντας οίδημα. Επίσης, η Αλβουμίνη δεσμεύει κι άλλες ουσίες που μεταφέρονται εντός του πλάσματος και για αυτό συμπεριφέρεται σαν μια πρωτεΐνη μεταφοράς (πιο γενικού σκοπού). Η Χολερυθρίνη για παράδειγμα, όταν διέρχεται από το αίμα, δεσμεύεται στην Αλβουμίνη. Η Αλβουμίνη χαρακτηρίζεται από μηχανικές ιδιότητες οι οποίες εμποδίζουν τον διαχωρισμό της από άλλες πρωτεΐνες του πλάσματος (σφαιρίνες). Οι σφαιρίνες είναι μια ετερογενής συστοιχία πρωτεϊνών με μια ποικίλα δομή και λειτουργία. Για παράδειγμα, οι ανοσοσφαιρίνες (η αντισώματα), είναι μια ιδιαίτερα σημαντική ομάδα πρωτεϊνών, όπου εκκρίνονται από τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος, γνωστά και ως Β λεμφοκύτταρα. Η μέγιστη «τροφοδοσία» προστατευτικών αντισωμάτων έναντι ξένης ουσίας ή αντιγόνου, γίνεται από τις ανοσοσφαιρίνες. Μια επιπλέον ομάδα μορίων που εντοπίζεται στο πλάσμα του αίματος είναι μικρές, όχι μακράς ζωής πρωτεΐνες, οι ονομαζόμενες κυτοκίνες. Οι κυτοκίνες αποτελούνται από κύτταρα διαφόρων οργάνων, κύτταρα που βρίσκονται στο ανοσοποιητικό καθώς και κύτταρα από τον μυελό των οστών. Η λειτουργία τους είναι ως χημικοί αγγελιοφόροι μεταξύ των κυττάρων όπου ρυθμίζουν τον σχηματισμό του αίματος (αιματοποίηση). Επίσης, κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο ανοσοποιητικό σύστημα λόγω της άμυνας τους εναντίον οργανισμών που προκαλούν ασθένειες. Μια άλλη, αρκετά σημαντική επίσης, ομάδα πρωτεϊνών του πλάσματος είναι οι πρωτεΐνες πήξης και οι αναστολείς τους, όπου και εδώ η κύρια παραγωγή γίνεται στο συκώτι. Όταν ανιχνεύεται θρόμβωση στο αίμα, η ινωδογόνα κυκλοφορία στο αίμα μετατρέπεται σε ινώδες, πράγμα που καθιστά σταθερή την θρόμβωση προς αποφυγή την καταστροφή των αγγείων. Οι αναστολείς των πρωτεϊνών πήξης, βοηθάνε στην πρόληψη κακής πήκτικότητας του αίματος και στην αντιμετώπιση των θρόμβων άπαξ και σχηματιστούν. Στο πλάσμα επίσης εντοπίζονται λιπίδια, των οποίων η συγκέντρωση διαφέρει κι αυτό ανάλογα την διατροφή και συνήθως δεν υπερβαίνουν το 1 γραμμάριο στα 100 χιλιοστά του λίτρου (1gr/100ml). Το μεγαλύτερο τμήμα

αποτελείται από φωσφολιπίδια, ωστόσο εντοπίζονται τριγλυκερίδια και χοληστερόλη. Αυτές οι ουσίες υπάρχουν στο πλάσμα και συνδυάζονται με διάφορες πρωτεΐνες όπου σχηματίζουν τις λιποπρωτεΐνες. Ένα επιπλέον συστατικό του πλάσματος και υψίστης σημασίας είναι η γλυκόζη. Είναι πηγή ενέργειας για τα κύτταρα των ιστών και μοναδική πηγή ενέργειας για κάποια συγκεκριμένα κύτταρα, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Στο πλάσμα βρίσκονται και τα κατάλοιπα των κυττάρων όπως η ουρία, που είναι ρύπος του κυτταρικού μεταβολισμού και εξάγεται από τα νεφρά καθώς το ουρικό οξύ και η κρεατινίνη. Ανόργανα στοιχεία όπως το νάτριο, εντοπίζονται επιπλέον στο πλάσμα του αίματος, συντελώντας σε επιμέρους λειτουργίες. Το νάτριο ως ιόν, με τις ωσμωτικές του ιδιότητες, καθορίζει τον συνολικό όγκο των υγρών που ρέουν στον εξωκυττάριο χώρο. Η ποσότητα του νατρίου, ελέγχεται από τους νεφρούς μέσω της αλδοστερόνης. Μαζί με τα παραπάνω συστατικά του πλάσματος εντοπίζονται και αρκετά ένζυμα, εκ των οποίων μερικά φαίνεται να έχουν διαφύγει από τα κύτταρα των ιστών χωρίς να έχουν κάποια λειτουργικότητα (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

## 1.4 Κύτταρα του Αίματος

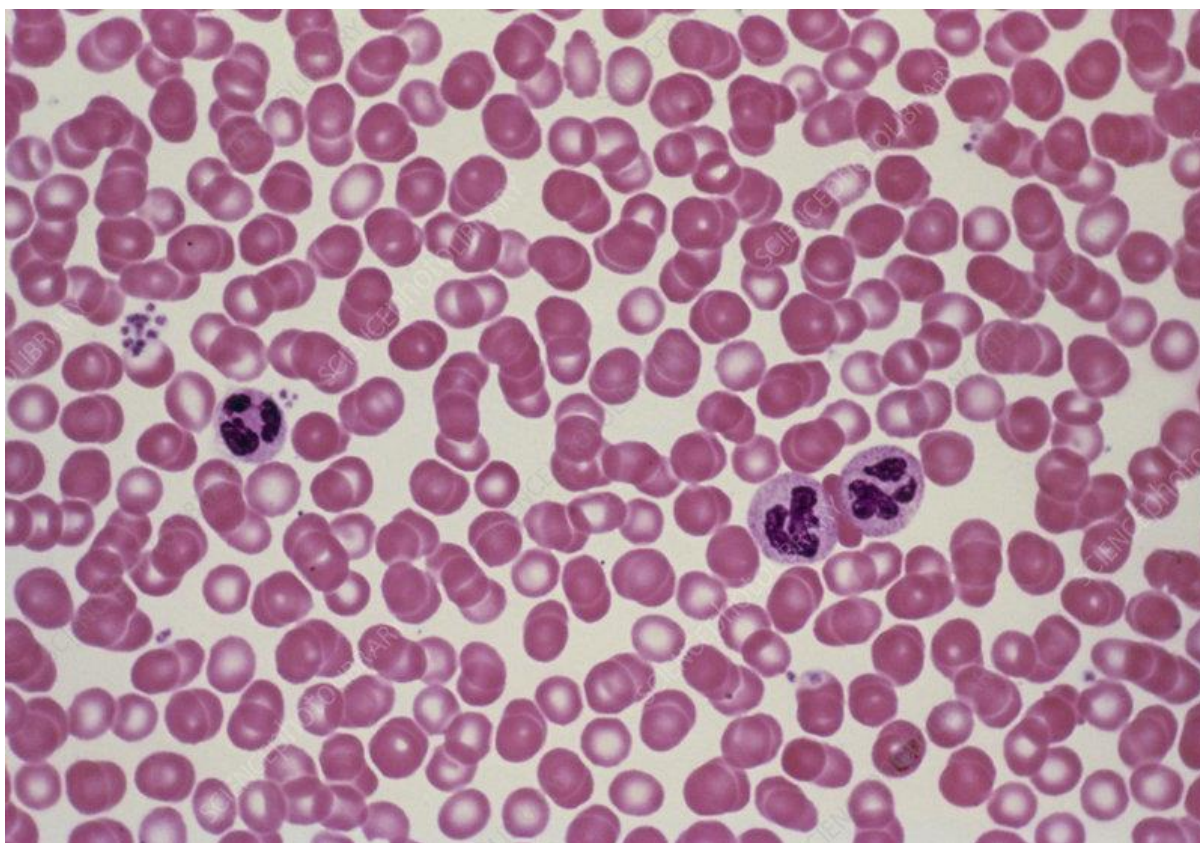
Υπάρχουν τέσσερα είδη κυττάρων στο αίμα: τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια, τα λεμφοκύτταρα και τα φαγοκύτταρα. Συλλογικά, τα λεμφοκύτταρα και τα φαγοκύτταρα σχηματίζουν τα λευκά αιμοσφαίρια. Κάθε είδους κυττάρου έχει μια μοναδική λειτουργία. Για παράδειγμα, τα ερυθρά αιμοσφαίρια παίρνουν το οξυγόνο από τους πνεύμονες και το μεταφέρουν στους ιστούς, τα αιμοπετάλια συμμετέχουν στον σχηματισμό θρομβώσεων, τα λεμφοκύτταρα συσχετίζονται με το ανοσοποιητικό και τα φαγοκύτταρα είναι υπεύθυνα για την αντιμετώπιση μικροοργανισμών και ξένων παραμέτρων (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

### 1.4.1 Ερυθρά Αιμοσφαίρια

Τα εκατομμύρια ερυθρών αιμοσφαιρίων που υπάρχουν στο κυκλοφοριακό σύστημα όλων των σπονδυλωτών ειδών, δίνουν στο αίμα το χαρακτηριστικό του (ερυθρό) χρώμα. Η εργασία που έχουν να εκτελέσουν τα ερυθρά μαζί με την αιμογλοβίνη, είναι να μεταφέρουν οξυγόνο από τους πνεύμονες προς όλους τους ιστούς και συνέχεια να πάρουν από τις ιστούς το κατάλοιπο αυτής της διαδικασίας όπου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, με τελικό προορισμό στους πνεύμονες όπου και θα πραγματοποιηθεί η εξαγωγή του. Στην εικόνα 1.3, απεικονίζονται τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Με μωβ χρώμα φαίνεται η αιμογλοβίνη όπου μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς. Η αιμογλοβίνη είναι πρωτεΐνη όπου εμπεριέχει σίδηρο κι εντοπίζεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια με σκοπό την μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς. Παράγεται στον μυελό των οστών και αποτελεί το 95% της σύστασης σε συνθήκες ξηρασίας των ερυθρών αιμοσφαιρίων (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

### 1.4.2 Λευκά Αιμοσφαίρια

Σε αντίθεση με τα ερυθρά, τα λευκά αιμοσφαίρια έχουν πυρήνα, κινούνται ανεξάρτητα και δεν εμπεριέχουν αιμογλοβίνη. Εξυπηρετούν στην αντιμετώπιση του σώματος από μολύνσεις και ασθένειες, καταστρέφουν μολυσματικούς παράγοντες και καρκινικά κύτταρα ή παράγουν αντισώματα. Επίσης, έχουν και κάποιες επιδιορθωτικές λειτουργίες (Silbernagl and Desporoulos, 2010).



Εικόνα 1.3  
Ερυθρά Αιμοσφαίρια  
(Hillyer and C.D., 2007)

### 1.4.3 Λεμφοκύτταρα

Αποτελούν το 28 με 42% των λευκών αιμοσφαιρίων του αίματος κι είναι μέρος της ενεργοποίησης του ανοσοποιητικού συστήματος. Είναι μικρά κύτταρα, ελαφρώς μεγαλύτερα από τα ερυθρά και ο πυρήνας τους καταλαμβάνει σχεδόν το περισσότερο κύτταρο. Είναι υπεύθυνα για την αντίδραση σε εισβολή ξένων σωματιδίων στον οργανισμό, ξένων κυττάρων καθώς και μεταμοσχευμένων οργάνων ή ξένων πρωτεϊνών (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

### 1.4.4 Αιμοπετάλια

Είναι τα μικρότερα κύτταρα του αίματος συγκριτικά με τα υπόλοιπα ωστόσο είναι τα μεγαλύτερα σε πληθυσμό. Όπως και τα ερυθρά, δεν φέρουν πυρήνα και δεν υποδέχονται μίτωση, αλλά έχουν πιο περίπλοκο μεταβολισμό καθώς και εσωτερική δομή. Η λειτουργία τους επικεντρώνεται κυρίως στην αιμόσταση, τον έλεγχο και την πρόληψη αιμορραγίας (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

## 1.5 Τράπεζα Αίματος

Ορίζεται ως ένας οργανισμός όπου συλλέγει, αποθηκεύει, επεξεργάζεται και μεταμοσχεύει μονάδες αίματος. Κατά τον 1<sup>ο</sup> παγκόσμιο πόλεμο, ανακαλύφθηκε ότι το αποθηκευμένο αίμα, μπορεί με ασφάλεια να χρησιμοποιηθεί, οδηγώντας στην πρώτη τράπεζα αίματος που ιδρύθηκε το 1932. Πριν τεθεί σε λειτουργία η πρώτη τράπεζα αίματος, ένας φυσικός καθόριζε τον τύπο

αίματος του ασθενή ελέγχοντας την συμβατότητα μεταξύ συγγενών και φίλων, μέχρι να εμφανιστεί ο κατάλληλος δότης. Κατά την περίοδο του 1940, η ανακάλυψη πολλαπλών ομάδων αίματος καθώς και πολλαπλών μεθόδων διασταύρωσης της ομάδας αίματος, οδήγησε στην ταχεία ανάπτυξη των τραπεζών αίματος. Αυτή η τεχνική, της αποθήκευσης μονάδων αίματος καθώς και επιμέρους στοιχείων του αίματος, άνοιξε τους ορίζοντες για μελλοντικές καινοτομίες όπως: τεχνικός νεφρά, αντλίες καρδιά-πνευμόνων για χειρουργεία ανοικτής καρδιάς κι ακόμα μεταγγίσεις βρεφών με εμβρυική ερυθροβλάστωση. Ολόκληρο το αίμα που δωρίζεται, αποθηκεύεται σε μονάδες όγκου περίπου 450ml. Το αίμα μπορεί να αποθηκευτεί για περιορισμένο χρόνο, αλλά επιμέρους στοιχεία όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια και το πλάσμα μπορούν να αποθηκευτούν καταψυγμένα για ένα χρόνο ή και περισσότερο. Για αυτόν τον λόγο, στις περισσότερες μονάδες αίματος που δωρίζονται, τα επιμέρους στοιχεία χωρίζονται κι αποθηκεύονται ξεχωριστά από την τράπεζα αίματος. Στα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνονται αιμοπετάλια για τον έλεγχο της αιμορραγίας, συγκεντρωμένα ερυθρά αιμοσφαίρια για την ρύθμιση της αναιμίας καθώς και τμήματα πλάσματος όπως το ινωδογόνο για την ενίσχυση της πήξης, οι ανοσοσφαιρίνες για την πρόληψη και την θεραπεία μιας σειράς μολυσματικών ασθενειών καθώς και η αλβουμίνη ορού για την αύξηση του όγκου στο αίμα σε περιπτώσεις έντονης διαταραχής (σοκ). Τα παραπάνω, έχουν ως αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα επίλυσης κάποιου προβλήματος έως και πέντε ή περισσότερων ασθενών, μόνο από μια δωρεά αίματος (Hillyer and C.D., 2007).

## 1.6 Μεταμόσχευση Αίματος

Η μεταφορά αίματος ενδοφλέβια σε έναν άνθρωπο ή ζώο ως δέκτη, χαρακτηρίζει την διαδικασία της μεταμόσχευσης αίματος. Το αίμα προς μεταμόσχευση είτε αφαιρείται απευθείας από τον δωρητή είτε προέρχεται από την τράπεζα αίματος. Η μεταμόσχευση αίματος είναι μια θεραπευτική διαδικασία που χρησιμοποιείται για την αναπλήρωση του αίματος ή του πλάσματος μετά από εκτεταμένη αιμορραγία, εγκαύματα ή τραυματισμό, με αυξημένο αριθμό και συγκέντρωση ερυθρών αιμοσφαιρίων σε άτομα με αναιμία με στόχο την βελτίωση της ικανότητας που έχει το αίμα τους στην μεταφορά του οξυγόνου έτσι ώστε να θεραπευτεί το τραύμα. Οι μεταμοσχεύσεις επίσης, είναι πολύ σημαντικές και σε πληθώρα χειρουργικών επεμβάσεων όπου ο ασθενής χάνει αρκετή ποσότητα αίματος το οποίο πρέπει να αναπληρωθεί (American, 2011). Ακολουθούν κάποιες επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την παραπάνω διαδικασία, που χαρακτηρίζουν γενικότερα τις μεταμοσχεύσεις αίματος:

1. Σκοπός: Η μεταμόσχευση αίματος είναι μια ιατρική διαδικασία κατά την οποία λαμβάνεται αίμα από έναν δότη και μεταφέρεται σε έναν παραλήπτη που βρίσκεται σε ανάγκη αίματος λόγω κάποιας απώλειας, ανεπάρκειας αιμοποίησης ή άλλων ιατρικών καταστάσεων.
2. Ομάδες αίματος: Υπάρχουν τέσσερις βασικές ομάδες αίματος (A, B, AB, O) βάση συστήματος ABO. Το σύστημα Rhesus έχει δυο κατηγορίες. (Rh+ και Rh-). Η συμβατότητα των ομάδων αίματος είναι σημαντική για την ασφάλεια κατά την μεταμόσχευση αίματος.
3. Συμβατότητα: Η ομάδα O- θεωρείται "πανδότης" καθώς μπορεί να δοθεί σε όλους τους παραλήπτες. Η ομάδα AB+ θεωρείται "παγκόσμιος παραλήπτης" καθώς μπορεί να λάβει αίμα από όλες τις ομάδες.

4. Εθελοντική αιμοδοσία: Το αίμα για μεταμοσχεύσεις συλλέγεται από εθελοντές δότες αίματος, οι οποίοι περνούν από αυστηρούς ελέγχους προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια των παραληπτών.
5. Έλεγχοι αίματος: Πριν από τη μεταμόσχευση, το αίμα του δότη ελέγχεται για την παρουσία ιών, μικροβίων και παρασίτων, όπως HIV, ηπατίτιδα Β και C, σύφιλη και άλλες λοιμώδεις ασθένειες, προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος μετάδοσης μεταξύ δότη και παραλήπτη.
6. Τύποι μεταμοσχεύσεων: Υπάρχουν διάφοροι τύποι μεταμοσχεύσεων αίματος, όπως η πλήρης μεταμόσχευση αίματος, η μεταμόσχευση ερυθροκυττάρων, η μεταμόσχευση πλάσματος και η μεταμόσχευση πλακουντίων.
7. Αυτόλογη μεταμόσχευση: Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ασθενείς μπορούν να δωρίσουν αίμα για τον εαυτό τους πριν από μια προγραμματισμένη χειρουργική επέμβαση, έτσι ώστε να λάβουν το δικό τους αίμα κατά τη διάρκεια της μεταμόσχευσης.
8. Κίνδυνοι: Παρόλο που οι μεταμοσχεύσεις αίματος είναι συνήθως ασφαλείς, υπάρχουν κάποιοι κίνδυνοι, όπως αντιδράσεις αλλεργίας, θρόμβοι, αιμολυτικές αντιδράσεις και μετάδοση λοιμώξεων. Ωστόσο, οι κίνδυνοι αυτοί είναι σπάνιοι και οι διαδικασίες ασφαλείας στις μονάδες αίματος συνεχώς βελτιώνονται.
9. Συντήρηση αίματος: Το αίμα που συλλέγεται αποθηκεύεται σε ειδικά κατασκευασμένα ψυγεία για να διατηρηθεί στη σωστή θερμοκρασία και να παραμείνει χρήσιμο και διαθέσιμο για μεταμόσχευση. Η διάρκεια ζωής του αίματος ποικίλει ανάλογα με το είδος του συστατικού: τα ερυθροκύτταρα διατηρούνται για περίπου 42 ημέρες, ενώ το πλάσμα και τα πλακούντια έχουν διαφορετικές περιόδους ζωής.
10. Παγκόσμια ημέρα αιμοδοσίας: Η 14η Ιουνίου καθορίστηκε ως Παγκόσμια Ημέρα Αιμοδοσίας από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) με σκοπό να ευαισθητοποιήσει το κοινό σχετικά με τη σημασία της εθελοντικής αιμοδοσίας και να τιμήσει τους ανθρώπους που δωρίζουν αίμα για να βοηθήσουν τους άλλους.
11. Αιμοδοτικά κέντρα: Τα αιμοδοτικά κέντρα είναι εγκαταστάσεις όπου τα άτομα-δότες μπορούν να δωρίσουν αίμα. Το αίμα συλλέγεται, ελέγχεται, επεξεργάζεται και αποθηκεύεται για μετέπειτα χρήση σε μεταμοσχεύσεις αίματος. Σε πολλές χώρες, υπάρχουν εθνικά αιμοδοτικά κέντρα και ιδιωτικά αιμοδοτικά ιδρύματα που εργάζονται για τη συλλογή και παροχή αίματος.
12. Επείγουσες ανάγκες: Σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης για μεταμόσχευση αίματος, όπως σε ατυχήματα ή καταστάσεις όπου η ζωή του ασθενούς είναι σε κίνδυνο, η έγκαιρη πρόσβαση σε συμβατό αίμα είναι ζωτικής σημασίας. Για αυτό το λόγο, η παροχή αίματος από τα αιμοδοτικά κέντρα είναι σημαντική για τη διατήρηση της ζωής και τη βελτίωση της υγείας των ανθρώπων.
13. Συχνότητα δωρεάς: Οι άνθρωποι μπορούν να δωρίσουν αίμα κάθε 56 ημέρες, αν και οι ακριβείς κατευθύνσεις μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τη χώρα και τον οργανισμό που διαχειρίζεται την αιμοδοσία. Οι δότες πλάσματος μπορούν να δωρίσουν πιο συχνά, καθώς ο οργανισμός ανακτά γρηγορότερα το πλάσμα σε σχέση με τα ερυθροκύτταρα. Η δωρεά πλακουντίων μπορεί να γίνει κάθε 7 ημέρες, με μέγιστο 24 δωρεές ετησίως.

14. Ενθάρρυνση υπερ της αιμοδοσίας: Εκστρατείες σχετικά με την ευαισθητοποίηση, εκπαίδευση και ενημέρωση του κοινού για την σημασία της αιμοδοσίας είναι σημαντικές για τη διατήρηση επαρκούς αποθέματος αίματος. Πολλοί οργανισμοί και κοινωνικά δίκτυα προωθούν την αιμοδοσία, ενθαρρύνοντας τους ανθρώπους να γίνουν τακτικοί δότες.
15. Κατευθυντήριες οδηγίες και κανονισμοί: Σε πολλές χώρες, υπάρχουν εθνικές κατευθυντήριες οδηγίες και κανονισμοί που καθορίζουν τις προδιαγραφές και τις διαδικασίες για την αιμοδοσία και τη μεταμόσχευση αίματος. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) επίσης παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες και πρωτόκολλα για την ασφάλεια και την ποιότητα του αίματος και των προϊόντων του σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτά τα πρότυπα σχεδιάστηκαν για να βοηθήσουν τις χώρες να δημιουργήσουν εθνικές πολιτικές και να διασφαλίσουν την ασφάλεια και την προστασία των ασθενών και των δωτών αίματος.
16. Προγράμματα εκπαίδευσης: Τα αιμοδοτικά κέντρα προσφέρουν εκπαίδευση και κατάρτιση στους επαγγελματίες υγείας που εργάζονται στον τομέα της αιμοδοσίας και της μεταμόσχευσης αίματος. Η εκπαίδευση αυτή καλύπτει τη συλλογή, την επεξεργασία, τη δοκιμασία, τη διανομή και τη χρήση του αίματος και των προϊόντων αίματος.
17. Ερευνητικές πρωτοβουλίες: Η έρευνα στον τομέα της αιμοδοσίας και της μεταμόσχευσης αίματος επικεντρώνεται στη βελτίωση της ασφάλειας, της αποτελεσματικότητας και της ποιότητας των προϊόντων αίματος. Έρευνες πραγματοποιούνται επίσης για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και θεραπειών που μπορούν να βελτιώσουν τη διαδικασία μεταμόσχευσης αίματος, όπως η τεχνητή αιμοποίηση ή η ανάπτυξη μεθόδων για την αποφυγή της απόρριψης των ερυθροκυττάρων.
18. Προειδοποιητικά σήματα: Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μεταμόσχευση αίματος δεν είναι κατάλληλη ή ασφαλής για ορισμένα άτομα. Κάποιοι ασθενείς ενδέχεται να έχουν αλλεργίες, αυξημένο κίνδυνο αντιδράσεων ή ασυμβατότητες με το δοσμένο αίμα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι γιατροί εξετάζουν εναλλακτικές θεραπείες και προσεγγίσεις.
19. Προσωπική ευθύνη: Οι δότες αίματος έχουν την ευθύνη να παρέχουν αληθινές και ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την υγεία τους, τη ζωή τους και τις προηγούμενες δραστηριότητές τους. Αυτό βοηθά στην προστασία της ασφάλειας των ασθενών που λαμβάνουν αίμα και των ίδιων των δωτών.
20. Οικονομική στήριξη: Η συλλογή, επεξεργασία, διανομή και χρήση αίματος και προϊόντων αίματος απαιτεί πόρους και χρηματοδότηση. Οικονομική υποστήριξη παρέχεται από την κυβέρνηση, ιδιωτικούς οργανισμούς και άλλες πηγές για τη λειτουργία των αιμοδοτικών κέντρων και την προώθηση της αιμοδοσίας. Η χρηματοδότηση αυτή επιτρέπει την ανάπτυξη υποδομών, τη βελτίωση των διαδικασιών και την εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας που εργάζονται στον τομέα.

Συνοψίζοντας, η μεταμόσχευση αίματος είναι μια ζωτικής σημασίας διαδικασία που σώζει ζωές και βελτιώνει την υγεία των ανθρώπων παγκοσμίως. Η συνεχής προώθηση της αιμοδοσίας, η βελτίωση των προτύπων ασφάλειας και ποιότητας, η έρευνα και η εκπαίδευση είναι απαραίτητες για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας της μεταμόσχευσης αίματος

και της προστασίας των ασθενών και των δοτών αίματος (Schreiber, G.B., Busch, M.P, Kleinman, S.H. and Korelitz, 1196).

## 1.7 Μέθοδοι Μεταμόσχευσης και Αποθήκευσης Αίματος

Η διαδικασία μεταμόσχευσης αίματος είναι απλή και μονής διαδρομής. Περίπου 450ml ή περισσότερο αίμα αφαιρείται από τον δωρητή με χρήση υποδόριας σύριγγας όπου στην συνέχεια καταλήγει μέσω πλαστικού σωλήνα, σε έναν ασκό περισυλλογής ή φιάλη στα οποία εμπεριέχεται κιτρικό κάλιο ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός θρομβώσεων. Για την μεταφορά του αίματος στον δέκτη, χρησιμοποιείται η έλξη της βαρύτητας ώστε το αίμα να μεταφερθεί εντός της φλέβας του δέκτη. Η διαδικασία αυτή μπορεί να χρειαστεί έως και 2 ώρες για να ολοκληρωθεί. Όλος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι αποστειρωμένος για την διασφάλιση ότι το αίμα δεν εκτίθεται σε παθογόνους μικροοργανισμούς (Rogers, K and Hoopla Digital, 2011). Μέθοδοι για την επιμέρους κλασματοποίηση του αίματος έχουν επιτρέψει την χρήση του σε εξειδικευμένες μορφές όπως:

- Πλήρης σύσταση του αίματος, που χρησιμοποιείται για την θεραπεία οξείας αιμορραγίας.
- Συγκεντρωμένα ερυθρά αιμοσφαίρια, που χρησιμοποιούνται για την χρόνια αναιμία.
- Επεξεργασμένα ερυθρά αιμοσφαίρια, για την καταπολέμηση αλλεργιών όπου πάσχουν αρκετοί δέκτες λόγο άλλων στοιχείων από το αίμα που έχουν δεχθεί.
- Αιμοπετάλια, για την αιμορραγία που προκαλείται από έλλειψη τους.
- Λευκά αιμοσφαίρια, σε ασθενείς όπου έχουν ανεπάρκεια και αντιμετωπίζουν κάποια μόλυνση.
- Πλάσμα, για τραυματισμούς χωρίς την απώλεια αίματος (σηπτικό σοκ).
- Πρόσφατα παγωμένο ή μεταγγισμένο πλάσμα για αιμορραγία λόγο αιμοφιλίας.
- Λευκωματίνη ορού, συμπυκνωμένη από το πλάσμα, για σηπτικό σοκ ή χρόνιες διαταραχές χαμηλής περιεκτικότητας σε λευκωματίνη και υποσιτισμό.
- Ανοσοσφαιρίνη, το συστατικό αντισώματος του πλάσμα, συμπυκνωμένο για την πρόληψη της ιογενούς ηπατίτιδας καθώς και προστασία έναντι μετά από έκθεση σε ιλαρά.
- Ινωδογόνο, ένας σημαντικός παράγοντας πήξης στο αίμα, συμπυκνώνεται εύκολα για αιμορραγικές καταστάσεις που προκαλούνται από ανεπάρκεια ή απουσία ινωδογόνου.

Αναφορικά υπάρχει και η μετάγγιση ανταλλαγής, στην οποία όλο ή το περισσότερο αίμα αφαιρείται από τον ασθενή ενώ ταυτόχρονα το νέο αίμα μεταγγίζεται, βοηθά στη θεραπεία της εμβρυϊκής ερυθροβλάστωσης ή της λευχαιμίας καθώς αφαιρεί κάποιες δηλητηριώδες ουσίες από το σώμα (Silbernagl and Desporoulos, 2010).

## 1.8 Συντήρηση Αίματος

Η συντήρηση του αίματος είναι ένα σημαντικό στοιχείο της διαχείρισης αίματος και της μεταμόσχευσης αίματος. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη συλλογή, την επεξεργασία, τη δοκιμασία, την αποθήκευση και τη διανομή του αίματος και των προϊόντων αίματος. Η σωστή συντήρηση του αίματος αποτρέπει την ανάπτυξη βακτηρίων και άλλων παθογόνων και εξασφαλίζει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των προϊόντων αίματος (Rogers, K and Hoopla Digital, 2011).



Κατά τη συντήρηση του αίματος, τα αιμοδοτικά κέντρα ακολουθούν αυστηρά πρωτόκολλα και προδιαγραφές για τη διαχείριση των δειγμάτων αίματος. Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά σχετικά με την διαδικασία αποθήκευσης:

1. Συλλογή: Το αίμα συλλέγεται από εθελοντές δότες κάτω από ασηπτικές συνθήκες για να αποτραπεί πιθανότητα μόλυνσης.
2. Επεξεργασία: Μετά τη συλλογή, το αίμα επεξεργάζεται για να χωριστεί στα διάφορα συστατικά του, όπως ερυθρά αιμοσφαίρια, λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια και πλάσμα. Αυτό επιτρέπει τη χρήση των κατάλληλων συστατικών ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενούς/δέκτη.
3. Δοκιμασία: Τα δείγματα αίματος και τα προϊόντα αίματος δοκιμάζονται για την παρουσία μεταδοτικών παθογόνων, όπως ιούς, βακτήρια, παράσιτα και άλλους μικροοργανισμούς. Επίσης, το αίμα δοκιμάζεται για να καθοριστεί η ομάδα αίματος και η Rh συμβατότητα, καθώς και για την ανίχνευση τυχόν αντισωμάτων που μπορεί να προκαλέσουν αντίδραση κατά τη μεταμόσχευση.
4. Αποθήκευση: Τα προϊόντα αίματος αποθηκεύονται σε ειδικά ψυγεία και συντηρητές που ελέγχονται για τη διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας και της ποιότητας του αίματος. Η θερμοκρασία και η διάρκεια αποθήκευσης ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του προϊόντος αίματος. Για παράδειγμα, ερυθρά αιμοσφαίρια συνήθως αποθηκεύονται σε θερμοκρασία 2-6°C για μέχρι 42 ημέρες, ενώ το πλάσμα μπορεί να καταψύχεται και να αποθηκεύεται για έως και ένα χρόνο ή περισσότερο.
5. Διανομή: Όταν χρειαστεί αίμα ή προϊόντα αίματος για έναν ασθενή, τα εργαστήρια των νοσοκομείων ή άλλων ιατρικών κέντρων παραγγέλνουν τα απαραίτητα προϊόντα από τα αιμοδοτικά κέντρα. Το αίμα και τα προϊόντα αίματος μεταφέρονται με ειδικά διαμορφωμένα δοχεία που διατηρούν την κατάλληλη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Η συντήρηση του αίματος είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των μεταμοσχεύσεων αίματος. Η τήρηση αυστηρών πρωτοκόλλων και προδιαγραφών στα αιμοδοτικά κέντρα και τα νοσοκομεία εξασφαλίζει ότι το αίμα και τα προϊόντα αίματος παραμένουν καθαρά, ασφαλή και ικανά να σώσουν ζωές και να βελτιώσουν την υγεία των ασθενών που τα χρειάζονται. Επιπλέον, η καλή διαχείριση και συντήρηση των αποθεμάτων αίματος μειώνει την πιθανότητα απώλειας αίματος λόγω λήξης της περιόδου αποθήκευσης ή ελαττωματικών προϊόντων αίματος. Η τεχνολογία και οι πρακτικές στον τομέα της συντήρησης αίματος συνεχίζουν να εξελίσσονται, προσφέροντας βελτιωμένες μεθόδους διαχείρισης και επεξεργασίας του αίματος. Μελλοντικές εξελίξεις μπορεί να περιλαμβάνουν τη βελτίωση των τεχνικών διατήρησης αίματος, την ανάπτυξη νέων προϊόντων αίματος, καθώς και τη χρήση τεχνολογιών, όπως η τεχνητή αιμοποίηση, που μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από τις μεταμοσχεύσεις αίματος. Γενικά, η συντήρηση του αίματος παίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της ασφάλειας, της ποιότητας και της διαθεσιμότητας των προϊόντων αίματος για τους ασθενείς που είναι σε ανάγκη. Εξακολουθούν να γίνονται έρευνες και εξελίξεις στον τομέα αυτό, με στόχο τη βελτίωση των μεθόδων συλλογής, επεξεργασίας, δοκιμασίας, αποθήκευσης και διανομής του αίματος, καθώς και της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των μεταμοσχεύσεων αίματος. Στο πλαίσιο αυτό, η εκπαίδευση και

η ενημέρωση των επαγγελματιών υγείας, των δοτών αίματος και του κοινού για τη σημασία της αιμοδοσίας, της σωστής χρήσης των προϊόντων αίματος και της συνεχούς ανάγκης για αίμα είναι ζωτικής σημασίας. Επίσης, η αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού σχετικά με τη σημασία της αιμοδοσίας μπορεί να βοηθήσει στην κάλυψη των αυξανόμενων αναγκών για αίμα και προϊόντα αίματος. Επιπλέον, η εφαρμογή αυστηρότερων προτύπων και κανονισμών στον τομέα της αιμοδοσίας και της συντήρησης αίματος, καθώς και η συνεργασία μεταξύ των διαφόρων εθνικών και διεθνών οργανώσεων και αιμοδοτικών κέντρων, μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων αίματος παγκοσμίως. Η ανταλλαγή πληροφοριών, τεχνογνωσίας και βέλτιστων πρακτικών μεταξύ των χωρών και των αιμοδοτικών κέντρων μπορεί να συμβάλει στην περαιτέρω εξέλιξη της συντήρησης αίματος και της αιμοδοσίας. Στο μέλλον, η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή αιμοποίηση, η γενετική τροποποίηση και οι βιοϊλικά επιστήμες, μπορεί να ανοίξει νέους ορίζοντες στη διαχείριση του αίματος. Αυτές οι εξελίξεις μπορεί να καταστήσουν δυνατή την παραγωγή συνθετικών ή εργαστηριακά καλλιεργημένων προϊόντων αίματος, που θα μπορούσαν να μειώσουν την εξάρτηση από τις μεταμοσχεύσεις αίματος και να βελτιώσουν τη θεραπεία και την ποιότητα ζωής των ασθενών. Συνολικά, η συντήρηση του αίματος αποτελεί έναν κρίσιμο τομέα της ιατρικής που συμβάλλει στη σωτηρία ζωών και τη βελτίωση της υγείας των ασθενών που χρειάζονται μεταμοσχεύσεις αίματος (Silbernagl and Agamenon, 2010).

## 1.9 Ψυγεία Αίματος

Τα ψυγεία αίματος, είναι απαραίτητα στον εξοπλισμό των εργαστηρίων των αιματολογικών τμημάτων του νοσοκομείου. Σκοπό έχουν, την παροχή ασφαλούς κι άνετης αποθήκευσης ολόκληρων μονάδων αίματος καθώς και των επιμέρους στοιχείων. Το σύστημα ψύξης περιλαμβάνει: ένα ηλεκτρικό σύστημα συμπίεστη, συμπυκνωτή, τριχοειδές σωλήνα ή βαλβίδα εκτόνωσης, έναν εξαερωτή καθώς και σωληνώσεις διασύνδεσης. Η θερμοκρασία του ψυγείου ελέγχεται από θερμοστάτη. Σε πολλά μοντέλα, ο συμπίεστης και ο κινητήρας συνδέονται στον ίδιο άξονα και εσωκλείονται σε μια συμπαγές και αεροστεγή θήκη, επιτρέποντας έτσι, μεγαλύτερους χώρους αποθήκευσης. Οι διατάξεις των ψυγείων, μπορεί να είναι είτε περιστρεφόμενα με πτυσσόμενα συρτάρια ή ράφια είτε ορθογώνια με πτυσσόμενα συρτάρια/ράφια. Ένας συναγερμός θερμοκρασίας μπορεί να είναι προαιρετικός. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος υπάρχει εφεδρικό σύστημα, όπου θα τροφοδοτήσει το ψυγείο. Οι διαφορές υλοποιήσεις μπορεί να είναι επιτραπέζιες εγκαταστάσεις ή επιδαπέδιες μονάδες. Η αρχή λειτουργίας περιγράφεται παρακάτω. Η ψύξη γίνεται μέσω αέρα όπου εξέρχεται από τον εξαερωτή σε χαμηλή θερμοκρασία και πίεση. Ο συμπίεστης δημιουργεί μια διαφορά πίεσης στο σύστημα με αποτέλεσμα την άντληση του ψυκτικού αερίου μέσω μιας βαλβίδας αναρρόφησης, στην συνέχεια κυκλοφορεί στον συμπυκνωτή. Το συμπιεσμένο αέριο εισέρχεται στον συμπυκνωτή σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του περιβάλλοντος και ψύχεται σε υγρό. Καθώς το ψυκτικό υγρό εξέρχεται από τον συμπυκνωτή, ένας τριχοειδής σωλήνας ή μια βαλβίδα εκτόνωσης ελέγχει την ροή του προς τον εξαερωτή. Ο τριχοειδής σωλήνας σχηματίζει έναν εναλλάκτη θερμότητας για να βοηθήσει την διαδικασία της ψύξης. Κατά την έξοδο, ο ψυκτικός παράγοντας εισέρχεται σε μια περιοχή χαμηλής πίεσης που της επιτρέπει να διαστέλλεται με γρήγορο ρυθμό και να εξατμίζεται, απορροφώντας έτσι θερμότητα από τον χώρο αποθήκευσης του ψυγείου, μέσω της διαδικασίας αυτής της απαγωγής θερμότητας, ο χώρος του ψυγείου καθώς κι ότι εμπεριέχει ψύχονται (Kiely et al., 2002). Τέλος, το ψυκτικό

αέριο κυκλοφορεί από τον εξαερωτή πίσω στο συμπιεστή και έλκεται μέσω της βαλβίδας αναρρόφησης του συμπιεστή ώστε να επαναληφθεί ο κύκλος της ψύξης. Τα πιο σύνηθες προβλήματα που αντιμετωπίζουν αυτές οι διατάξεις, αφορούν τους συναγερμούς επιτήρησης των θερμοκρασιών καθώς και η παρακολούθηση των θερμοκρασιών του ψυγείου. Οι συναγερμοί θα πρέπει να ελέγχονται τακτικά σύμφωνα με τα πρωτόκολλα του κάθε κατασκευαστή ή αν υπάρχουν, σύμφωνα και με τις προδιαγραφές των νοσοκομείων. Πλέον τα ψυγεία χαρακτηρίζονται από υψηλές επιδώσεις και έχουν τον πρωταγωνιστικό ρόλο στην αποθήκευση. Οι προδιαγραφές είναι αυστηρές, καθοριστικές και συγκεκριμένες. Για παράδειγμα, μονάδες που εμπεριέχουν ολόκληρο το αίμα πρέπει να αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες 1.0 μέχρι 6.0 °C και το μέγιστο επιτρεπόμενο χρονικό διάστημα είναι 35 με 42 ημέρες. Το πλάσμα, αφού αφαιρεθεί από το αίμα, πρέπει να ψυχθεί με ταχύ ρυθμό στους -18 °C και στην συνέχεια μπορεί να τοποθετηθεί σε κατάψυξη πλάσματος όπου μπορεί να διατηρηθεί για περισσότερο από ένα χρόνο, σε θερμοκρασία -30 °C. Ο σχεδιασμός των ψυγείων, από μηχανικής άποψης θα πρέπει σύμφωνα με τον FDA να τηρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές (Carson et al., 2016) . Συνοπτικά είναι:

- Υψηλή ποιότητα κατασκευής της καμπίνας, με παχύ τοίχωμα ώστε να απαιτεί λιγότερη ενέργεια και να σταθεροποιείται καλύτερα η θερμοκρασία.
- Αυτόματη απόψυξη με αισθητήρες χρόνου και θερμοκρασίας καθώς και αυτόματη αφαίρεση τμημάτων από πιθανούς πάγους.
- Συρτάρια/ράφια από ανοξείδωτο χάλυβα, πόρτες γυάλινες που επιτρέπουν την άμεση οπτική επαφή με το εσωτερικό του ψυγείου, καθώς και αυτόματο μηχανισμό επαναφοράς τους.
- Εξαναγκασμός της κυκλοφορίας του αέρα, όπου παρακολουθείτε, ώστε να υπάρχει ομοιομορφία στις θερμοκρασίες σε όλα τα σημεία της καμπίνας και να διασφαλίζει ότι η θερμοκρασία θα επανέλθει όταν η πόρτα ανοίγει.
- Δυο εσωτερικούς αισθητήρες θερμοκρασίας τοποθετημένους σε διαφορετικά σημεία, ώστε να υπάρχει εικόνα για την θερμοκρασία στην καμπίνα με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Επειδή, οι θερμοκρασίες των αποθηκευμένων προϊόντων αίματος πρέπει να διατηρούνται συνέχεια σταθερές και μπορεί να επηρεαστούν από διάφορες μεταβλητές, όπως το πόσο συχνά ανοίγει η πόρτα, το φόρτο του ψυγείου, αστάθειες ισχύος και μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, η ακρίβεια των συστημάτων επιτήρησης των θερμοκρασιών στα ψυγεία αίματος και πλάσματος, είναι ζωτικής σημασίας. Συστήματα ελέγχου βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές, είναι τα πιο εξελιγμένα, με ακρίβεια και αξιοπιστία για τον έλεγχο και την διατήρηση της θερμοκρασίας. Η ενσωματωμένη οθόνη (μόνιτορ), μπορεί να εμφανίσει κάποιον συναγερμό μέσω οπτικοακουστικών ενδείξεων όπως για παράδειγμα, ανοικτές πόρτες, αποκλίσεις θερμοκρασίας, διακοπή ρεύματος ή έλεγχο εφεδρικής μπαταρίας. Τα πλέον σύγχρονα ψυγεία, εκτός των θερμοκρασιών, έχουν σχεδιαστεί ώστε να ελέγχουν κι άλλες παραμέτρους όπως: σχετική υγρασία συγκέντρωση CO<sub>2</sub> και διαφορική πίεση. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ψυγείων αίματος, ανάλογα με τις απαιτήσεις αποθήκευσης και τις συνθήκες θερμοκρασίας που απαιτούνται για τα διαφορετικά προϊόντα αίματος (Fredrick, Berger and Menitove, 2020) . Τα κύρια είδη ψυγείων αίματος περιλαμβάνουν:

1. Ψυγεία ολικού αίματος: Αυτά τα ψυγεία αποθηκεύουν ολικό αίμα σε θερμοκρασίες μεταξύ 1-6°C. Η συντήρηση του ολικού αίματος σε αυτό το εύρος θερμοκρασίας είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ακεραιότητας των ερυθρών κυττάρων και την πρόληψη της αύξησης των βακτηρίων.

2. Ψυγεία πλάσματος: Τα ψυγεία πλάσματος αποθηκεύουν παγωμένο πλάσμα σε θερμοκρασίες κάτω από  $-18^{\circ}\text{C}$ , καθώς το πλάσμα πρέπει να κρατείται παγωμένο για να διατηρηθεί η ακεραιότητα των πρωτεϊνών και των άλλων συστατικών του.

3. Ψυγεία προϊόντων αιμοπεταλίων: Τα ψυγεία αυτά χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση προϊόντων αιμοπεταλίων, όπως τα συμπυκνώματα αιμοπεταλίων, σε θερμοκρασίες μεταξύ  $20-24^{\circ}\text{C}$ . Τα αιμοπετάλια πρέπει να αποθηκεύονται σε αυτό το εύρος θερμοκρασίας, καθώς η χαμηλότερη θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη λειτουργία τους.

4. Ψυγεία κρυοσυντήρησης: Αυτά τα ψυγεία χρησιμοποιούνται για την κρυοσυντήρηση προϊόντων αίματος, όπως ερυθρά κύτταρα ή άλλα εξειδικευμένα προϊόντα αίματος, σε θερμοκρασίες κάτω από  $-65^{\circ}\text{C}$ . Η κρυοσυντήρηση επιτρέπει τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων αίματος για πολύ μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, εξασφαλίζοντας τη διαθεσιμότητά τους για μελλοντική χρήση. Τα ψυγεία αίματος διαθέτουν συχνά συστήματα παρακολούθησης θερμοκρασίας και συναγερμού, τα οποία είναι σημαντικά για τη διασφάλιση της σταθερότητας των συνθηκών αποθήκευσης και της αποτελεσματικής ανταπόκρισης σε περιπτώσεις απώλειας ισχύος ή μηχανικής αποτυχίας. Επιπλέον, τα ψυγεία αίματος μπορεί να διαθέτουν συστήματα ανακύκλωσης αέρα και φίλτρων για τη διατήρηση ενός καθαρού και σταθερού περιβάλλοντος αποθήκευσης. Είναι επίσης σημαντικό να εφαρμόζονται σταθερά πρωτόκολλα καθαρισμού και συντήρησης για τα ψυγεία αίματος, προκειμένου να διασφαλίζεται η ασφάλεια των προϊόντων αίματος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η εκπαίδευση του προσωπικού στις βέλτιστες πρακτικές για τον χειρισμό του αποθηκευμένου αίματος, τη σωστή χρήση των ψυγείων και την παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης είναι εξίσου κρίσιμη για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων αίματος. Επιπλέον, η οργάνωση και η ταξινόμηση των προϊόντων αίματος είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική λειτουργία των ψυγείων αίματος. Τα προϊόντα αίματος πρέπει να ταξινομηθούν βάσει του είδους, της ημερομηνίας λήξης και της συμβατότητας της ομάδας αίματος, προκειμένου να διευκολύνεται η πρόσβαση και η επιλογή του κατάλληλου προϊόντος αίματος για τις μεταμοσχεύσεις. Η ανάπτυξη και η χρήση των ψυγείων αίματος συμβάλλει στην καλύτερη διαχείριση και αποθήκευση των προϊόντων αίματος, εξασφαλίζοντας ότι παρέχονται ασφαλή και αποτελεσματικά προϊόντα στους ασθενείς που τα χρειάζονται. Τονίζεται ότι: η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού, η παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης και η εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών στη διαχείριση των ψυγείων αίματος συμβάλλουν στην προώθηση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων αίματος που παρέχονται στους ασθενείς. Εκτός από τα παραδοσιακά ψυγεία αίματος, υπάρχουν και ορισμένες πρωτοποριακές τεχνολογίες που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της αποθήκευσης και της διαχείρισης των προϊόντων αίματος. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν:

1. Ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης: Τα ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης μπορούν να παρακολουθούν συνεχώς τις θερμοκρασίες και τις συνθήκες αποθήκευσης των ψυγείων αίματος, επιτρέποντας στο προσωπικό να αντιδράσει γρήγορα σε αλλαγές ή προβλήματα που μπορεί να προκύψουν.

2. Ρομποτικά συστήματα αποθήκευσης: Η χρήση ρομποτικών συστημάτων αποθήκευσης μπορεί να βελτιώσει την ταξινόμηση, την οργάνωση και την πρόσβαση στα προϊόντα αίματος, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο λαθών και εξοικονομώντας χρόνο για το προσωπικό.

3. Τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification): Η χρήση της τεχνολογίας RFID για την ταυτοποίηση και την παρακολούθηση των προϊόντων αίματος μπορεί να βελτιώσει τη διαχείριση των αποθεμάτων και να μειώσει τον κίνδυνο λαθών. Τα RFID ετικέτες μπορούν να προσαρτηθούν σε κάθε μονάδα αίματος, επιτρέποντας την αυτόματη καταγραφή και παρακολούθηση της θέσης, της ημερομηνίας λήξης και των λοιπών πληροφοριών σχετικά με το αίμα.

4. Αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης αίματος: Τα αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης αίματος μπορούν να ενσωματώσουν όλες τις πληροφορίες που αφορούν τα προϊόντα αίματος, όπως η θέση, η ημερομηνία λήξης, η ομάδα αίματος και άλλα στοιχεία, επιτρέποντας την αυτόματη και αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων και την καλύτερη προετοιμασία για μεταμοσχεύσεις.

Όλες αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της αποθήκευσης και της διαχείρισης των προϊόντων αίματος, εξασφαλίζοντας την άριστη ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων που παρέχονται στους ασθενείς. Η εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος λειτουργίας των ψυγείων αίματος, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απώλεια προϊόντων λόγω λήξης ημερομηνίας ή λανθασμένων μεταμοσχεύσεων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η επιλογή και η εφαρμογή των κατάλληλων τεχνολογιών για τα ψυγεία εξαρτώνται από τις ανάγκες και τις προτεραιότητες των ιατρικών ιδρυμάτων και των κέντρων αιμοδοσίας. Η συνεχής αξιολόγηση των τεχνολογικών εξελίξεων και η προσαρμογή των ψυγείων αίματος στις αυξανόμενες ανάγκες της ιατρικής κοινότητας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των προϊόντων αίματος. Σε γενικές γραμμές, τα ψυγεία αίματος παίζουν κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων αίματος που χρησιμοποιούνται για μεταμοσχεύσεις και άλλες ιατρικές επεμβάσεις. Η συνεχής βελτίωση των ψυγείων αίματος και η εφαρμογή τεχνολογιών όπως ψηφιακά συστήματα παρακολούθησης, ρομποτικά συστήματα αποθήκευσης, τεχνολογία RFID και αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης αίματος, μπορεί να βοηθήσει στην εξασφάλιση της αποδοτικότητας και της ασφάλειας των προϊόντων αίματος που παρέχονται στους ασθενείς (American, 2011).

Επιπλέον, η συνεργασία μεταξύ των ιατρικών ιδρυμάτων, των κέντρων αιμοδοσίας, των κατασκευαστών ψυγείων αίματος και των ερευνητών είναι σπουδαία για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των καλύτερων πρακτικών και τεχνολογιών στην αποθήκευση και διαχείριση των προϊόντων αίματος. Τέλος, η εκπαίδευση και η ενημέρωση του προσωπικού που εργάζεται στα ψυγεία αίματος και στα κέντρα αιμοδοσίας είναι εξίσου σημαντική, καθώς το προσωπικό πρέπει να γνωρίζει τις κατευθύνσεις και τις προδιαγραφές που αφορούν την αποθήκευση και τη διαχείριση των προϊόντων αίματος, καθώς και τη χρήση των σχετικών τεχνολογιών. Η συνεχής κατάρτιση και εκπαίδευση του προσωπικού μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη λαθών και τη βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών. Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη και η εφαρμογή προτύπων και κανονισμών που καθορίζουν τις απαιτήσεις για την αποθήκευση και τη διαχείριση των προϊόντων αίματος μπορεί να βοηθήσει στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας αυτών των προϊόντων σε παγκόσμιο επίπεδο. Συνοψίζοντας, τα ψυγεία αίματος είναι θεμελιώδη στοιχεία στη διαχείριση των προϊόντων αίματος και η βελτίωση των τεχνολογιών και των πρακτικών που χρησιμοποιούνται σε αυτά μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της αποδοτικότητας, της ασφάλειας και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών στους ασθενείς. Η συνεργασία, η έρευνα και η κατάρτιση είναι πολύ σημαντική για τη διασφάλιση της βέλτιστης αποθήκευσης και διαχείρισης των προϊόντων αίματος. Η συνεχής

αναβάθμιση και εξέλιξη των ψυγείων αίματος και των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται, καθώς και η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων εμπλεκομένων φορέων, μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία ενός πιο αποτελεσματικού και ασφαλούς συστήματος διαχείρισης αίματος. Μελλοντικές εξελίξεις στην τεχνολογία των ψυγείων αίματος μπορεί να περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας διαχείρισης των προϊόντων αίματος, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση των λαθών. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε περαιτέρω βελτιώσεις στην ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων αίματος που παρέχονται στους ασθενείς, καθώς και στη μείωση του κόστους και των πόρων που απαιτούνται για τη διαχείριση των ψυγείων αίματος. Η αιμοδοσία είναι μια διαδικασία ζωτικής σημασίας για την δημιουργία και την διατήρηση επαρκούς αποθέματος μονάδων αίματος για τις ανάγκες των ασθενών. Η ενημέρωση του κοινού σχετικά με τις απαιτήσεις και τις διαδικασίες της αιμοδοσίας μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση των αιμοδοτών με αποτέλεσμα την εξασφάλιση ενός επαρκούς αποθέματος αίματος για όσους το χρειάζονται. Επίσης, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα της αιματολογίας και των μεταμοσχεύσεων αίματος μπορεί να οδηγήσει σε νέες θεραπείες και τεχνολογίες που θα βελτιώσουν τη ζωή των ασθενών που χρειάζονται μεταμοσχεύσεις αίματος. Τέλος, είναι σημαντικό να αναγνωρίζουμε τη συμβολή των αιμοδοτών, του ιατρικού προσωπικού και των ερευνητών που εργάζονται στον τομέα της αιματολογίας, καθώς η δουλειά τους είναι καίρια για τη σωτηρία και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής πολλών ασθενών που χρειάζονται μεταμοσχεύσεις. Πρέπει να ενθαρρύνουμε και να υποστηρίξουμε τη διαρκή εκπαίδευση, την έρευνα και την καινοτομία σε αυτόν τον τομέα, καθώς η διαρκής βελτίωση και εξέλιξη των πρακτικών και των τεχνολογιών μεταμόσχευσης αίματος είναι σημαντική για την παροχή ασφαλούς και αποτελεσματικής φροντίδας στους ασθενείς.



Εικόνα 1.4  
Ψυγείο Αίματος  
(Arctiko International, n.d.)

## 1.10 Έλεγχος ποιότητας

Ο έλεγχος ποιότητας (quality control) αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία ένας τεχνικός/μηχανικός ή και χειριστής με εξειδικευμένη κατάρτιση, εφαρμόζει συγκεκριμένα βήματα τηρώντας το πρωτόκολλο που ορίζεται από τον κατασκευαστικό οίκο. Ο στόχος της ποιότητας ελέγχου είναι να διασφαλίσει ότι το προϊόν ή η υπηρεσία πληρούν τα προδιαγεγραμμένα ποιοτικά πρότυπα και προδιαγραφές. Η διαδικασία της ποιότητας ελέγχου περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων, την ανάλυση και τον έλεγχο αυτών των δεδομένων για να αξιολογηθεί η ποιότητα του προϊόντος ή της υπηρεσίας. Αυτό μπορεί να γίνει με βάση διάφορες μεθόδους και τεχνικές, όπως έλεγχος δειγμάτων, μετρήσεις, επιθεωρήσεις, δοκιμές απόδοσης και άλλες πρακτικές. Ο σκοπός της ποιότητας ελέγχου είναι να εξάγει συμπεράσματα ή αποτελέσματα και με βάση αυτών να εντοπίσει τυχόν ατέλειες, ανωμαλίες ή αποκλίσεις από τα προδιαγεγραμμένα πρότυπα ποιότητας και να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για τη διόρθωσή τους. Αυτό συνεπάγεται την παρακολούθηση και έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής ή παροχής υπηρεσιών, καθώς και τη διασφάλιση της συμμόρφωσής τους με τα πρότυπα ποιότητας και τους κανονισμούς που ισχύουν. Η ποιότητα ελέγχου συνεπάγεται επίσης την αντίδραση σε αρνητικά αποτελέσματα και την εφαρμογή μέτρων πρόληψης για την αποτροπή μελλοντικών σφαλμάτων. Οι διαδικασίες ποιότητας ελέγχου εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς, όπως η κατασκευή προϊόντων, η παροχή υπηρεσιών, η επιστήμη και η έρευνα, η ιατρική, η τροφική βιομηχανία, η φαρμακευτική βιομηχανία, και πολλοί άλλοι. Οι διαδικασίες αυτές είναι σημαντικές για τη διασφάλιση ότι τα προϊόντα και οι υπηρεσίες που προσφέρονται στους καταναλωτές είναι ασφαλή, αποτελεσματικά και πληρούν τα κριτήρια για τα οποία και προορίζονται. Η ποιότητα ελέγχου αποτελεί σημαντική διαδικασία σε πολλούς τομείς και βιομηχανίες. Ο στόχος της είναι να διασφαλιστεί ότι ένα προϊόν ή μια υπηρεσία πληροί ή υπερβαίνει τις προδιαγραφές ποιότητας που έχουν καθοριστεί (ISO, 2015). Οι διαδικασίες ποιότητας ελέγχου μπορούν να περιλαμβάνουν τα εξής στάδια (Hayes, 2021):

1. Σχεδιασμός ποιοτικού ελέγχου: Ορισμός των προδιαγραφών ποιότητας για το προϊόν ή την υπηρεσία, και η καθορισμός των μεθόδων και των κριτηρίων ελέγχου που θα χρησιμοποιηθούν. Συνήθως οι προδιαγραφές ορίζονται από τον κατασκευαστή όταν πρόκειται για μηχανήμα.
2. Προετοιμασία προσωπικού: Εκπαίδευση και κατάρτιση των ατόμων που θα εμπλακούν στη διαδικασία ελέγχου ποιότητας, προκειμένου να γνωρίζουν τα πρότυπα ποιότητας και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν. Πολλές φορές ο έλεγχος ποιότητας μπορεί να αφορά έναν ημερήσιο έλεγχο στο ιατρικό μηχανήμα, πριν από οποιαδήποτε χρήση ή όταν γίνονται συγκεκριμένες ενέργειες. Δεν είναι απαραίτητο στοιχείο, ο έλεγχος να απαιτεί ειδικευμένο τεχνικό/αντιπρόσωπο της εταιρείας. Τα σύγχρονα μηχανήματα, εκτελούν από μόνα τους έναν αντίστοιχο έλεγχο (self-check).
3. Εκτέλεση ελέγχου: Αυτό περιλαμβάνει την παρακολούθηση, την ανάλυση και την αξιολόγηση των προϊόντων ή των υπηρεσιών σε σχέση με τις προδιαγραφές ποιότητας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές όπως έλεγχος δειγμάτων, μετρήσεις, δοκιμές απόδοσης, επιθεωρήσεις και άλλες μεθόδους για την αξιολόγηση της ποιότητας. Σε αυτό το στάδιο, ανιχνεύονται πιθανά προβλήματα, ατέλειες ή αποκλίσεις από τα πρότυπα ποιότητας.
4. Ανίχνευση προβλημάτων και διορθωτικά μέτρα: Εάν εντοπιστούν προβλήματα ή ατέλειες, ακολουθεί η ανάλυση των αιτιών τους και λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα για να

αποκατασταθεί η ποιότητα. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει επισκευές, προσαρμογές, αναδιοργάνωση διαδικασιών ή βελτιώσεις στα συστήματα παραγωγής ή παροχής υπηρεσιών.

5. **Τεκμηρίωση και αναφορά:** Η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων του ελέγχου ποιότητας και η αναφορά των δράσεων που έχουν πραγματοποιηθεί είναι σημαντικές για την αποτύπωση των αποτελεσμάτων και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών ελέγχου ποιότητας.

Ο έλεγχος ποιότητας αποτελεί μια συνεχή διαδικασία, καθώς η ποιότητα μπορεί να ποικίλλει με τον χρόνο ή μεταξύ διαφορετικών παρτίδων προϊόντων ή υπηρεσιών. Ο στόχος είναι να διατηρηθεί η συνολική ποιότητα και να διασφαλιστεί η συμμόρφωση προς τα πρότυπα ποιότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγής ή της παροχής υπηρεσιών. Επιπλέον, ο έλεγχος ποιότητας συνδέεται συχνά με την έννοια του συστήματος διασφάλισης ποιότητας (quality assurance). Η διασφάλιση ποιότητας αναφέρεται στις διαδικασίες και τις δράσεις που ακολουθούνται για να εξασφαλιστεί ότι τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες θα πληρούν τις αναμενόμενες προδιαγραφές ποιότητας. Ο συσχετισμός μεταξύ της ποιότητας ελέγχου και της διασφάλισης ποιότητας είναι σημαντικός για την επίτευξη της συνολικής ποιότητας και τη διασφάλιση της ικανοποίησης των πελατών/ασθενών. Τέλος, η ποιότητα ελέγχου παίζει κρίσιμο ρόλο στην παραγωγή ασφαλών και αξιόπιστων προϊόντων και υπηρεσιών, καθώς συμβάλλει στη μείωση των ελαττωμάτων, των απορρίψεων και των δυσλειτουργιών. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στην εικόνα της επιχείρησης, την ικανοποίηση των πελατών και τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας. Γενικότερα, η ποιότητα ελέγχου περιλαμβάνει την αξιολόγηση, τον έλεγχο και τη διασφάλιση της ποιότητας προϊόντων ή υπηρεσιών σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας (Hayes, 2021) . Με την επιτυχή εφαρμογή της ποιότητας ελέγχου, μπορούν να επιτευχθούν οι εξής οφέλη:

1. **Βελτίωση της ποιότητας:** Ο έλεγχος ποιότητας επιτρέπει την ανίχνευση ατελειών και προβλημάτων ποιότητας, προκειμένου να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα για την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων ή των υπηρεσιών.

2. **Εξοικονόμηση πόρων:** Ο έλεγχος ποιότητας μπορεί να μειώσει τις απορρίψεις, τις επισκευές και τις επαναλήψεις, μειώνοντας το κόστος παραγωγής.

3. **Ενίσχυση της ικανοποίησης των πελατών:** Μέσω του ελέγχου ποιότητας, διασφαλίζεται ότι τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες πληρούν τις αναμενόμενες προδιαγραφές και προσφέρονται στους πελάτες με συνέπεια και αξιοπιστία. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη ικανοποίηση των πελατών και δημιουργία μακροπρόθεσμων σχέσεων με αυτούς.

4. **Αύξηση της ανταγωνιστικότητας:** Μια επιχείρηση που επιδεικνύει υψηλή ποιότητα στα προϊόντα ή τις υπηρεσίες της έχει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά. Ο έλεγχος ποιότητας συμβάλλει στην ενίσχυση της φήμης και της αξιοπιστίας μιας επιχείρησης, καθιστώντας την προτιμώμενη επιλογή των καταναλωτών.

5. **Προστασία της ασφάλειας και της υγείας:** Μέσω του ελέγχου ποιότητας, διασφαλίζεται ότι τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες πληρούν τα πρότυπα ασφάλειας και υγιεινής. Αυτό είναι κρίσιμο για την προστασία των καταναλωτών και τη δημόσια υγεία.

Συνοψίζοντας, ο έλεγχος ποιότητας είναι μια διαδικασία που επιτρέπει τον έλεγχο, την αξιολόγηση και τη διασφάλιση της ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας. Με την εφαρμογή του, επιτυγχάνονται η βελτίωση της ποιότητας, η εξοικονόμηση πόρων, η



ικανοποίηση των πελατών, η ανταγωνιστικότητα και η προστασία της ασφάλειας και της υγείας. Οι διαδικασίες ποιότητας ελέγχου είναι κρίσιμες για τη διατήρηση υψηλών προδιαγραφών ποιότητας και τη διασφάλιση της επιτυχίας μιας επιχείρησης (Hayes, 2021).

#### 4. Complete the System Checkout by performing the following steps:

- Inspect the system (Section 3.1)
- System checkout (Section 3.3)
- Low pressure leak test (Section 3.5)
- Pipeline and cylinder tests (Section 3.7)
- Flow control tests (Section 3.8)
- Flush flow test (Section 3.10)
- Vaporizer back pressure and interlok test (Section 3.11)
- Alarm tests (Section 3.12)
- Auxiliary O2 flowmeter tests (Section 3.13)
- Integrated suction regulator tests, if equipped with option (Section 3.14)
- Power failure test (Section 3.15)
- Electrical safety tests (Section 3.16)

Εικόνα 1.5

Πρωτόκολλο Συντήρησης Βάση κατασκευαστή  
(Gehealthcare.com, 2019))

### 1.11 Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση (calibration) είναι μια σημαντική διαδικασία για τα ιατρικά μηχανήματα, όπως για παράδειγμα τα ακτινολογικά μηχανήματα, τις αναισθησιολογικές διατάξεις, τους νεογνικούς αναπνευστήρες, τα εργαλεία μέτρησης του αίματος και της αναπνοής, και τα εργαλεία ελέγχου της πίεσης. Η βαθμονόμηση είναι η διαδικασία μέτρησης και ρύθμισης της ακρίβειας του μηχανήματος έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται από αυτό είναι ακριβείς και αξιόπιστες. Κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης, ο τεχνικός εξετάζει το μηχάνημα και ελέγχει την ακρίβεια των μετρήσεων του. Εάν διαπιστωθεί ότι οι μετρήσεις δεν είναι ακριβείς, ο τεχνικός εκτελεί ρυθμίσεις για να διορθώσει την ακρίβεια. Η βαθμονόμηση είναι σημαντική για διάφορους λόγους. Καταρχάς, βελτιώνει την ακρίβεια των μετρήσεων του μηχανήματος, καθιστώντας τις διαγνώσεις και τη θεραπεία πιο ακριβείς. Δεύτερον, μειώνει τον κίνδυνο για τους ασθενείς, καθώς διασφαλίζει ότι τα μηχανήματα λειτουργούν εντός προδιαγραφών. Τρίτον, βοηθά στη συμμόρφωση προς τους κανονισμούς και τα πρότυπα ασφάλειας που ισχύουν για τη χρήση ιατρικών συσκευών (Webster, 2020). Η ακριβής βαθμονόμηση εξασφαλίζει ότι το μηχάνημα λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και μειώνει τον κίνδυνο ανεπιθύμητων συμβάντων ή λανθασμένων διαγνώσεων. Επιπλέον, η βαθμονόμηση είναι απαραίτητη για την παρακολούθηση της απόδοσης του μηχανήματος με την πάροδο του χρόνου. Με τον χρόνο, η ακρίβεια των μηχανημάτων μπορεί να μεταβληθεί λόγω φυσιολογικής φθοράς, χρήσης ή άλλων παραγόντων. Με την τακτική βαθμονόμηση, είναι δυνατόν να εντοπίζονται και διορθώνονται

πιθανά προβλήματα ακρίβειας πριν από την επίδρασή τους στις μετρήσεις και στην ασφάλεια των ασθενών. Τα προβλήματα αυτά, μέσω της διαδικασίας της βαθμονόμησης είναι πολύ πιθανών να αντισταθμιστούν κάνοντας έτσι το μηχάνημα πλήρως αξιόπιστο. Η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ποιότητας της υγειονομικής περίθαλψης. Όταν ένα μηχάνημα είναι σωστά βαθμονομημένο, οι γιατροί και οι άλλοι ιατρικοί επαγγελματίες μπορούν να έχουν πλήρη εμπιστοσύνη στις μετρήσεις και τα αποτελέσματα που παρέχονται από το μηχάνημα. Αυτό οδηγεί σε πιο ακριβείς διαγνώσεις, πιο αποτελεσματικές θεραπείες και γενικά βελτιωμένη ποιότητα φροντίδας για τους ασθενείς. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η βαθμονόμηση πρέπει να πραγματοποιείται από ειδικευμένους τεχνικούς ή εταιρείες που ειδικεύονται στην υποστήριξη και συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων. Αυτοί οι επαγγελματίες έχουν τη γνώση και τα απαραίτητα εργαλεία για να διασφαλίσουν ότι η βαθμονόμηση γίνεται σωστά και σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές και τους κανονισμούς που ισχύουν. Η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην επίτευξη συμμόρφωσης με τους κανονισμούς και τις πιστοποιήσεις. Πολλά ιατρικά μηχανήματα υπόκεινται σε κανονισμούς και πρότυπα ασφάλειας που θεσπίζονται από διάφορους φορείς, όπως οι εθνικές ρυθμιστικές αρχές ή διεθνείς οργανισμοί. Η βαθμονόμηση είναι αναγκαία για να διασφαλιστεί ότι το μηχάνημα συμμορφώνεται με αυτούς τους κανονισμούς ή τα πρότυπα, και να λάβει την αναγκαία πιστοποίηση για τη χρήση και διάθεσή του στην αγορά. Επιπλέον, η βαθμονόμηση συμβάλλει στην πρόληψη τυχόν νομικών ζητημάτων. Σε περίπτωση που προκύψουν διαφορές ή αμφισβητήσεις για τις μετρήσεις ή τα αποτελέσματα που παράγονται από ένα ιατρικό μηχάνημα, η βαθμονόμηση μπορεί να λειτουργήσει ως απόδειξη για την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων. Σε πολλά ιατρικά μηχανήματα, όταν πραγματοποιείται κάποια διαδικασία βαθμονόμησης ή και τεχνική ενέργεια, αυτή καταγράφεται στην μνήμη του μηχανήματος. Επομένως, αν χρειαστεί κάποια στιγμή να επικαλεστεί εάν το μηχάνημα ήταν εντός ή εκτός προδιαγραφών, η μνήμη αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί. Η βαθμονόμηση πρέπει να εκτελείται σε τακτική βάση για να διασφαλιστεί η συνεχής ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων. Η συχνότητα της βαθμονόμησης εξαρτάται από τον τύπο του μηχανήματος, την σημασία των μετρήσεων που πραγματοποιεί, τον κατασκευαστή και τις κατευθυντήριες γραμμές (Cromwell, Weibell and Pfeiffer, 1980) . Συνήθως, οι κατασκευαστές παρέχουν συστάσεις για τη συχνότητα της βαθμονόμησης στο εγχειρίδιο χρήσης του μηχανήματος. Επίσης, οι ρυθμιστικές αρχές μπορεί να καθορίζουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για την βαθμονόμηση ιατρικών μηχανημάτων. Σε γενικές γραμμές, η βαθμονόμηση πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον από 6 μήνες έως 1 χρόνο, ανάλογα με την εφαρμογή και το είδος των μετρήσεων. Κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης, είναι σημαντικό να καταγράφονται όλα τα αποτελέσματα και οι ρυθμίσεις που πραγματοποιούνται έτσι ώστε να δημιουργείται και να αποθηκεύεται ένα ιστορικό. Ένα σημαντικό στοιχείο της βαθμονόμησης είναι η επαλήθευση των αποτελεσμάτων και η εκτίμηση της ακρίβειας των μετρήσεων. Αυτό συνήθως γίνεται συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με ένα αναφερόμενο μέτρο ή με μια γνωστή πηγή. Εάν υπάρχουν αποκλίσεις, μπορούν να γίνουν διορθώσεις ή ρυθμίσεις για να διασφαλιστεί η ακρίβεια του μηχανήματος. Επιπλέον, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των μηχανημάτων. Αυτοί περιλαμβάνουν τις συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Οι παραπάνω παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των μηχανημάτων και πρέπει να παρακολουθούνται και να υπάρχουν όσο των δυνατών ελεγχόμενες συνθήκες κατά τη βαθμονόμηση. Για να διασφαλιστεί η ακρίβεια της

βαθμονόμησης, είναι σημαντικό να τηρούνται αυστηρά οι διαδικασίες που ορίζονται από τον κατασκευαστή ή τον πιστοποιημένο τεχνικό. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση σωστών μεθόδων μέτρησης, την εφαρμογή σωστών παραμέτρων και την χρήση αναφερόμενων μέτρων ακρίβειας κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης. Επιπλέον, η τήρηση αρχείων και η τεκμηρίωση τους είναι σημαντική. Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης, πρέπει να αναφέρονται όλα τα βήματα που ακολουθήθηκαν, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα των μετρήσεων και οποιεσδήποτε ρυθμίσεις ή διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν. Αυτή η τεκμηρίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελλοντικές αναφορές, αξιολόγηση της απόδοσης του μηχανήματος και για την απόδειξη της συμμόρφωσης προς τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές. Συνήθως τα παραπάνω τα περιγράφει το τεχνικό δελτίο που συνοδεύει την βαθμονόμηση ή την συντήρηση. Μια ακόμα σημαντική πτυχή της βαθμονόμησης είναι η εκπαίδευση και κατάρτιση των χρηστών του μηχανήματος. Οι επαγγελματίες υγείας που χρησιμοποιούν τα ιατρικά μηχανήματα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τις ορθές τεχνικές χρήσης, τις προδιαγραφές και τους περιορισμούς τους. Αυτό εξασφαλίζει ότι το μηχάνημα χρησιμοποιείται με σωστό τρόπο και ότι οι μετρήσεις και οι αποτελέσματα που παράγονται είναι αξιόπιστα. Για παράδειγμα ο συνδυασμός βαθμονόμηση-απλός χρήστης, μπορεί να γίνει κατανοητός ότι σε αναισθησιολογικό μηχάνημα, όπου απαιτεί την βαθμονόμηση των αισθητήρων ροής, είναι μια διαδικασία που την κάνει ο χρήστης. Αν δεν την κάνει και δεν έχει εκπαιδευτεί με τον σωστό τρόπο, τότε υπάρχει κίνδυνος το μηχάνημα να αποκλίνει των επιθυμητών τιμών του. Η περιοδική αξιολόγηση και επαλήθευση της βαθμονόμησης είναι σημαντική. Κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ιατρικού μηχανήματος, η ακρίβεια του μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, όπως η φθορά, οι επιδιορθώσεις ή οι αλλαγές στις προδιαγραφές (Cromwell, Weibell and Pfeiffer, 1980) . Επομένως, είναι σημαντικό να εκτελούνται τακτικά έλεγχοι και επαληθεύσεις για να διασφαλιστεί η συνεχής ακρίβεια και αξιοπιστία του μηχανήματος. Πολλές φορές τους παραπάνω ελέγχους μπορεί να τους κάνει ο χρήστης ή ο τεχνικός του νοσοκομείου (BIT). Η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ασφάλεια και την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης (Pawlicki and Al, 2011). Η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων που παράγονται από τα μηχανήματα είναι κρίσιμης σημασίας για την ακριβή διάγνωση, την παρακολούθηση της πάθησης και την κλινική απόφαση. Η βαθμονόμηση εξασφαλίζει ότι τα ιατρικά μηχανήματα λειτουργούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους και ότι οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται είναι ακριβείς και αξιόπιστες. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ευαίσθητες κλινικές καταστάσεις και διαδικασίες, όπως ο ακτινολογικός έλεγχος, οι εργαστηριακές αναλύσεις αίματος, η μέτρηση της πίεσης και η παρακολούθηση των βιολογικών παραμέτρων (W Mark Saltzman and Cambridge University Press, 2017). Η βαθμονόμηση επιτρέπει επίσης τη σύγκριση των μετρήσεων από διάφορα μηχανήματα και την απόδοση συγκρίσιμων αποτελεσμάτων. Αυτό είναι σημαντικό για την αναγνώριση αλλαγών στην κατάσταση του ασθενούς και την παρακολούθηση της απόκρισης στη θεραπεία. Η δυνατότητα σύγκρισης των μεταξύ μηχανημάτων μπορεί επίσης να βοηθήσει στη διεξαγωγή ερευνητικών μελετών και στη συγκριτική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των θεραπευτικών παρεμβάσεων. Η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων συμβάλλει στη διατήρηση της εμπιστοσύνης του κοινού προς την ιατρική επιστήμη και το σύστημα υγείας. Οι ασθενείς έχουν το δικαίωμα να εμπιστεύονται ότι οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται επάνω τους είναι ακριβείς και αξιόπιστες (Raghibir Singh Khandpur, 2015). Με την επαναλαμβανόμενη βαθμονόμηση, επιτυγχάνεται η διατήρηση της εμπιστοσύνης και η ασφάλεια των ασθενών. Οι βαθμονοούμενες συσκευές πρέπει να υπόκεινται σε προσεκτική

αξιολόγηση, ρύθμιση και επιβεβαίωση της ακρίβειας τους. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση αναφερόμενων πηγών μέτρησης, τη σύγκριση με γνωστές αναφορές και τη διόρθωση τυχόν αποκλίσεων. Επίσης, η τήρηση εγγράφων και η τεκμηρίωση των διαδικασιών είναι σημαντικές για να διασφαλιστεί η ποιότητα της βαθμονόμησης και η ανιχνευσιμότητα των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η βαθμονόμηση μπορεί να επεκταθεί σε περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, για να διασφαλιστεί ότι τα μηχανήματα λειτουργούν σωστά και ακριβώς στο περιβάλλον τους. Τέλος, η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων απαιτεί τη συνεργασία με εξειδικευμένους τεχνικούς και εργαλεία μέτρησης. Οι επαγγελματίες τεχνικοί που εκτελούν τη βαθμονόμηση πρέπει να έχουν την απαιτούμενη γνώση και εμπειρία για να εκτελέσουν τη διαδικασία σωστά και ακριβώς. Συνοψίζοντας, η βαθμονόμηση των ιατρικών μηχανημάτων είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ακρίβεια, την αξιοπιστία και την ασφάλεια στην ιατρική περίθαλψη (Raghibir Singh Khandpur, 2015). Πραγματοποιείται με σκοπό τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των μηχανημάτων, την ακριβή μέτρηση και την πρόληψη προβλημάτων. Η τακτική βαθμονόμηση, η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των μηχανημάτων και η συνεργασία με εξειδικευμένους τεχνικούς είναι κρίσιμες πτυχές για αυτή την διαδικασία.



Εικόνα 1.6  
Εξειδικευμένο service tool  
(Gehealthcare.com, 2019))



Εικόνα 1.7  
Μανόμετρο από -10 έως 100 cmH<sub>2</sub>O  
(Gehealthcare.com, 2019))

## 1.12 Συντήρηση

Η συντήρηση των ιατρικών μηχανημάτων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας και της ασφάλειάς τους (Halt et al., 2019) . Εδώ είναι μερικές βασικές έννοιες και πρακτικές που αφορούν τη συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων:

1. Προγραμματισμένη Συντήρηση: Αυτή είναι η συντήρηση που πραγματοποιείται κατά προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Συνήθως περιλαμβάνει επιθεωρήσεις, καθαρισμό, ελέγχους απόδοσης και αντικατάσταση ανταλλακτικών.
2. Αντιμετώπιση Βλαβών: Αντιμετωπίζει τις απρόβλεπτες βλάβες και τις αναφορές προβλημάτων που ανακύπτουν κατά την καθημερινή χρήση των μηχανημάτων. Συνήθως περιλαμβάνει διάγνωση της βλάβης, επισκευή, αντικατάσταση εξαρτημάτων και δοκιμές λειτουργίας.
3. Προληπτική Συντήρηση: Αυτό είναι το μέτρο που προλαμβάνει την εμφάνιση προβλημάτων και βλαβών μέσω της τακτικής παρακολούθησης και συντήρησης των μηχανημάτων. Περιλαμβάνει καθαρισμό, ελέγχους απόδοσης, ελέγχους ασφαλείας, συντήρηση λογισμικού και αναβαθμίσεις.
4. Ανταλλακτικά: Η αντικατάσταση εξαρτημάτων και ανταλλακτικών είναι επίσης σημαντική για τη συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων. Κάποια μέρη μπορεί να φθείρονται με την πάροδο του χρόνου ή να απαιτούν ανανέωση για να διατηρηθεί η ομαλή λειτουργία του μηχανήματος. Οι αντικαταστάσεις αυτές πρέπει να γίνονται με γνήσια ανταλλακτικά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.
5. Νομοθεσία και Πρότυπα: Η συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων υπόκειται σε νομοθετικούς κανονισμούς και πρότυπα που ορίζονται από αρμόδιους φορείς, όπως οι υγειονομικές αρχές και οι οργανισμοί πιστοποίησης. Είναι σημαντικό να τηρούνται αυτοί οι κανονισμοί και πρότυπα για να εξασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική χρήση των μηχανημάτων.
6. Καταρτισμένο Προσωπικό: Η συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό με γνώσεις στην τεχνολογία και τη συντήρηση των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Αυτό το προσωπικό πρέπει να έχει κατάλληλη εκπαίδευση και πιστοποίηση για να εκτελεί τις απαιτούμενες εργασίες συντήρησης με ακρίβεια και ασφάλεια.
7. Αρχαιοθήκη και Έλεγχος Ιστορικού: Είναι σημαντικό να διατηρείται αρχείο με το ιστορικό συντήρησης κάθε ιατρικού μηχανήματος. Αυτό περιλαμβάνει πληροφορίες για τις επιθεωρήσεις, τις επισκευές, τις αντικαταστάσεις εξαρτημάτων και άλλες συντηρητικές δράσεις που έχουν γίνει. Η αρχαιοθήκη αυτή επιτρέπει την παρακολούθηση της ιστορίας του μηχανήματος, την εντοπισμό προβλημάτων που επανεμφανίζονται και την ανάληψη προληπτικών μέτρων.
8. Εκπαίδευση Χρηστών/Χειριστών: Οι χρήστες των ιατρικών μηχανημάτων πρέπει να εκπαιδεύονται για τη σωστή χρήση και την αναγνώριση βασικών προβλημάτων. Αυτή η εκπαίδευση περιλαμβάνει τη διαδικασία αναφοράς προβλημάτων, τις κατάλληλες

πρακτικές χρήσης και την αντιμετώπιση μικρών προβλημάτων που μπορούν να αντιμετωπιστούν από τον ίδιο τον χρήστη.

9. Αναβαθμίσεις και Ενημερώσεις: Οι κατασκευαστές ιατρικών μηχανημάτων παρέχουν αναβαθμίσεις λογισμικού και ενημερώσεις για τα μηχανήματά τους. Αυτές οι αναβαθμίσεις μπορούν να βελτιώνουν τη λειτουργικότητα, την ασφάλεια και τις επιδόσεις του μηχανήματος. Είναι σημαντικό να ελέγχετε τακτικά για τυχόν αναβαθμίσεις και να τις εφαρμόζετε όταν είναι απαραίτητο.
10. Επιθεώρηση και Πιστοποίηση: Οι ιατρικές συσκευές υπόκεινται σε επιθεωρήσεις και πιστοποιήσεις από αρμόδιους φορείς. Αυτές οι επιθεωρήσεις ελέγχουν τη συμμόρφωση των μηχανημάτων με τους προτεινόμενους προδιαγραφές και τις νομοθετικές απαιτήσεις. Η πιστοποίηση επιβεβαιώνει ότι το μηχάνημα πληροί τα απαραίτητα πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων είναι ένας εξειδικευμένος τομέας που απαιτεί τη συνεργασία μεταξύ των ειδικών τεχνικών και του ιατρικού προσωπικού. Συχνά, οι ιατροί και οι μηχανικοί συνεργάζονται για την αξιολόγηση της απόδοσης των μηχανημάτων και την επίλυση προβλημάτων (Dygo, 2004). Επιπλέον, η συντήρηση διαφέρει ανάλογα με τον τύπο των μηχανημάτων. Μπορεί να περιλαμβάνει τη συντήρηση ιατρικών εικόνων (όπως ακτινογραφικές διατάξεις και μαγνητικοί τομογράφοι), τη συντήρηση ιατρικών εξοπλισμών (όπως αναισθησιολογικοί σταθμοί και αναπνευστήρες), και τη συντήρηση ιατρικών εργαλείων (όπως χειρουργικά εργαλεία και λειτουργικές μονάδες) (Azzam F G Taktak et al., 2020). Επομένως, η συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων απαιτεί την συνεχή εκπαίδευση και ενημέρωση του προσωπικού, καθώς και την παρακολούθηση των τελευταίων τάσεων και τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα. Επίσης, η επικοινωνία και η συνεργασία με τους κατασκευαστές των μηχανημάτων είναι σημαντική για την απόκτηση των απαιτούμενων πληροφοριών και υποστήριξης (Carr and John Michael Brown, 2001). Τέλος, η συντήρηση ιατρικών μηχανημάτων δεν πρέπει να είναι απλώς αντιδραστική, αλλά και προληπτική. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υιοθετηθούν κατάλληλα προγράμματα συντήρησης, να παρακολουθούνται τα συστήματα και να γίνεται τακτικός έλεγχος για την πρόληψη προβλημάτων και αντιμετώπιση τους πριν επηρεάσουν τη λειτουργία του μηχανήματος.

### 6.2.1 Every twelve (12) months

Perform the following steps every 12 months.

For details, refer to the sections listed.

#### Parts Replacement

- Replace the vaporizer port o-rings (*Section 9.8.1*) (Kit Stock Number 1102-3016-000)

#### Checks and Tests

**Refer to the Aespire 7900 User's Reference Manual, Part 2.**

Perform the following steps:

- 1. User maintenance listed below. Including disassembly, inspection, cleaning and parts replacement as required (*Section 3 and Section 2*).
    - AGSS Maintenance:
      - Empty any condensate from the reservoir (disposable item).
      - Inspect air brake for occlusion.
      - Inspect, clean or replace filter on active AGSS.
    - Breathing Circuit Maintenance
    - Bellows Assembly Maintenance
    - Bellows Assembly Tests
    - O<sub>2</sub> Sensor Calibration
    - Flow Sensor Calibration
- Refer to listed sections in this manual.**  
Perform the following steps:
- 2. Perform the MOPV pressure relief valve test (*Section 6.4*).

Εικόνα 1.8

Ενδεικτική ετήσια συντήρηση αναισθησιολογικού μηχανήματος  
(Gehealthcare.com, 2019))

## 1.13 Ηχητικές ειδοποιήσεις (alarm)

Οι ηχητικές ειδοποιήσεις (alarm) σε συστήματα επιτήρησης θερμοκρασιών στα ψυγεία αίματος έχουν ως σκοπό να ειδοποιήσουν τους χρήστες όταν υπάρχει πρόβλημα με τη θερμοκρασία του ψυγείου. Οι ειδοποιήσεις αυτές είναι σημαντικές γιατί η αποθήκευση του αίματος σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ακεραιότητάς του και τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών. Οι ηχητικές ειδοποιήσεις συνήθως ενεργοποιούνται όταν η θερμοκρασία του ψυγείου αποκλίνει από τις προκαθορισμένες ασφαλείς τιμές. Ανάλογα με το σύστημα επιτήρησης που χρησιμοποιείται, οι ηχητικές ειδοποιήσεις μπορεί να έχουν διάφορους τόνους, συχνότητες ή μοτίβα για να προσελκύσουν την προσοχή του χρήστη. Όταν ηχησει μια ηχητική ειδοποίηση από το σύστημα επιτήρησης θερμοκρασίας στο ψυγείο αίματος, αυτό σημαίνει ότι η θερμοκρασία έχει ξεφύγει από τα επιτρεπτά όρια. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε επειδή η θερμοκρασία ανέβηκε πολύ ψηλά, προκαλώντας την αποδόμηση του αίματος, είτε επειδή η θερμοκρασία έπεσε πολύ χαμηλά, κινδυνεύοντας να προκαλέσει παγοποίηση ή περιορισμό της λειτουργίας του αίματος. Όταν ακούγεται ο ηχητικός συναγερμός, είναι σημαντικό να υπάρχει άμεση αντίδραση. Οι ακριβείς ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσετε εξαρτώνται από τη φύση του προβλήματος και την πολιτική ασφαλείας του κάθε ψυγείου αίματος. Μπορεί να ζητηθεί ο έλεγχος της θερμοκρασίας, επαναφορά ρυθμίσεων στις κανονικές ή επιθυμητές τιμές, ειδοποίηση του τεχνικού ή του προϊστάμενου στον χώρο ή ακόμη και να υπάρχει επείγουσα ανάγκη μεταφοράς

του αίματος σε άλλο ψυγείο κύριο ή εφεδρικό. Ο σκοπός των ηχητικών συναγερωμών είναι να σας προειδοποιήσουν για πιθανά προβλήματα στη θερμοκρασία του ψυγείου αίματος, ώστε να μπορείτε να λάβετε τα απαραίτητα μέτρα για να προστατέψετε το αίμα και να διασφαλίσετε την ασφάλεια των ασθενών. Η αντίδραση πρέπει να είναι άμεση και να ακολουθήσετε τις οδηγίες που έχουν οριστεί για το συγκεκριμένο σύστημα επιτήρησης και το ψυγείο αίματος. Είναι σημαντικό να είναι γνωστά στο προσωπικό οι διαδικασίες και τα πρωτόκολλα που πρέπει να ακολουθηθούν σε περίπτωση ειδοποίησης συναγερωμού σχετικά με την θερμοκρασία (Joint Ukbt/Hpa Professional Advisory Committee, 2013). Γενικά, ο ηχητικός συναγερωμός σε ένα σύστημα επιτήρησης θερμοκρασίας σε ψυγεία αίματος είναι ένα σημαντικό μέσο που ειδοποιεί για πιθανά προβλήματα με τη θερμοκρασία και επιτρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα για τη διόρθωσή τους. Η διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας στα ψυγεία αίματος είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας του αίματος και τη διασφάλιση της ασφάλειας των ασθενών. Αν η θερμοκρασία του ψυγείου αίματος εκτρέπεται από τις ασφαλείς παραμέτρους, μπορεί να προκληθεί ζημιά στο αίμα και να απειληθεί η αποτελεσματικότητα των αιμοστατικών προϊόντων. Επιπλέον, οι ηχητικοί συναγερωμοί μπορεί να χρησιμοποιούνται επίσης για να ειδοποιήσουν για άλλα προβλήματα όπως διακοπή της τροφοδοσίας ρεύματος, διακοπή της λειτουργίας του ψυγείου ή βλάβη στο σύστημα ψύξης. Σχεδόν σε όλες τις ιατρικές διατάξεις ο ηχητικός συναγερωμός συνοδεύεται κι από αντίστοιχο οπτικό. Δηλαδή την ώρα που θα ηχεί κάποιο ηχείο, με χαρακτηριστικό ήχο, θα αναβοσβήνει ή θα είναι μόνιμα ενεργό και κάποιος οπτικός συναγερωμός έτσι ώστε να διασφαλίζεται ακόμα περισσότερη η έγκαιρη ενέργεια από τον χρήστη για την επιδιόρθωση της κατάστασης. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε πολλά ιατρικά μηχανήματα, οι συναγερωμοί έχουν, από τον κατασκευαστή τους, σειρά προτεραιότητας. Δηλαδή, ως χαμηλού ενδιαφέροντος, μέτριας σημασίας και υψηλής προτεραιότητας. Παραδείγματα: σε αναπνευστήρα, χαμηλής σημασίας θα μπορούσε να είναι ότι υπάρχει μια διαρροή στο κύκλωμα του ασθενούς. Είναι σε χαμηλή προτεραιότητα διότι η διαρροή μπορεί κι αντισταθμίζεται αυτόματα, επομένως το μήνυμα είναι ενημερωτικό προς τον χρήστη/νοσηλεύτη ή γιατρό. Μεσαίας προτεραιότητας θα ήταν ότι οι εφεδρικές μπαταρίες βρίσκονται σε κατάσταση αποφόρτισης ή χρίζουν αντικατάστασης. Είναι μεσαίας σημασίας, διότι βάση προδιαγραφών τα μηχανήματα πρέπει να βρίσκονται σε πρίζα UPS. Δεν είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν με τις εφεδρικές μπαταρίες. Οι μπαταρίες βρίσκονται για το κενό που μπορεί να υπάρχει από την στιγμή που θα διακοπεί η τροφοδοσία AC, μέχρι να εκκινήσουν οι γεννήτριες του νοσοκομείου. Υψηλής προτεραιότητας συναγερωμός θα ήταν εάν ο ασθενής έχει υψηλό ποσοστό CO<sub>2</sub> ή να μην ανιχνεύεται παλμός στο ηλεκτροκαρδιογράφημά του (Hillyer, 2007).



## 2. Μεθοδολογία

### 2. Εισαγωγή

Η υλοποίηση της εργασίας, απαιτεί μια μονάδα αποστολής του σήματος και μια μονάδα λήψης. Και οι δυο μονάδες, υλοποιούνται και προγραμματίζονται με βάση το arduino uno. Η επιλογή έγινε με βάση της προ υπάρχουσας γνώσης και εξοικείωσης με το περιβάλλον προγραμματισμού, την απλότητα που προσφέρει καθώς και ότι υπήρχε ήδη σαν εξοπλισμός το ένα από τα δύο arduino που χρησιμοποιήθηκαν. Ως εναλλακτικές επιλογές θα μπορούσε να ήταν ένα Raspberry Pi ή κι ένας απλός μικροελεγκτής. Η μονάδα αποστολής περιλαμβάνει το αισθητήριο όργανο και την μονάδα του αποστολέα. Αισθητήριο όργανο αποτελεί το DHT22 όπου μετράει και υγρασία και θερμοκρασία και προτιμήθηκε από τον προκάτοχό του DHT11 λόγω αυξημένης ακρίβειας στις μετρήσεις, σημαντικό μειονέκτημα είναι το αυξημένο κόστος αγοράς συγκριτικά με την παλαιότερη έκδοση. Ως μονάδα αποστολέα (transmitter) χρησιμοποιήθηκε ένα ζεύγος σύνδεσης ραδιοσυχνότητας (RF) επόμενος και η διάταξη του δέκτη περιλαμβάνει συσκευή λήψης RF. Οι άλλες δυνατότητες ήταν η επικοινωνία μέσω Wi-Fi, δηλαδή δημιουργίας τοπικού δικτύου (LAN) μεταξύ των δυο arduino. Δεν επιλέχθηκε λόγω του αυξημένου κόστους αγοράς. Η Τρίτη επιλογή ήταν η επικοινωνία μέσω Bluetooth, επρόκειτο για απλή υλοποίηση αλλά δεν προτιμήθηκε επειδή περιορίζει την απόσταση μεταξύ Αποστολέα – Δέκτη. Η διάταξη ραδιοσυχνότητας στα 433MHz, είναι χαμηλού κόστους, σχετικά εύκολα προγραμματιζόμενη, αλλά είναι αρκετά ευαίσθητη στον θόρυβο από το περιβάλλον. Στην διάταξη του δέκτη υπάρχει η οθόνη LCD για την απεικόνιση των τιμών σε πραγματικό χρόνο όπου αφορά μια 1602 οθόνη χρώματος μπλε. Οποιαδήποτε άλλη μέθοδος εξόδου, θα ανέβαζε το κόστος χωρίς να προσφέρει κάτι διαφορετικό. Για την καταγραφή των αποτελεσμάτων, χρησιμοποιείται κοινή κάρτα μνήμης τοποθετημένη σε ειδική διάταξη όπου θα παρουσιαστεί παρακάτω, σχεδιασμένη να λειτουργεί με arduino. Ο κύκλος εργασίας μπορεί να περιγραφεί ως εξής, η μονάδα του αποστολέα μετράει θερμοκρασία και υγρασία, στην συνέχεια τα μεταφέρει μέσω ραδιοσυχνότητας στον δέκτη, όπου τα λαμβάνει, τα απεικονίζει στην οθόνη και τα καταγράφει. Στον δέκτη έχει σχεδιαστεί αλγόριθμος για την καταγραφή της ώρας από την στιγμή εκκίνησης. Δηλαδή, πόση ώρα είναι σε λειτουργία η εν λόγω διάταξη. Παράγοντες που θα μπορούσαν να διαταράξουν την παραπάνω διαδικασία θα μπορούσε νοητικά να είναι: σφάλμα στον αισθητήρα, όπου θα πρέπει να ελέγχεται περιοδικά, μη επαρκή τροφοδοσία και στον δέκτη και στον αποστολέα, υψηλός θόρυβος σε ραδιοσυχνότητες, ανθρώπινος παράγοντας. Στην συνέχεια ο εξοπλισμός παρουσιάζεται, έχοντας την εξής δομή: προδιαγραφές βάση του κατασκευαστή, παράδειγμα κώδικα στο Arduino, συνδεσμολογία των pin όπου αυτό απαιτείται.

#### 2.1 Πληροφορία – Δεδομένο

Πληροφορία-δεδομένο (ή απλώς δεδομένο) στα ψηφιακά συστήματα αναφέρεται σε οποιαδήποτε ποσότητα, πληροφορία ή γνώση που αποθηκεύεται, επεξεργάζεται, μεταδίδεται ή αλληλοεπιδρά μέσω ψηφιακών συσκευών και τεχνολογίας. Τα δεδομένα σε αυτό το πλαίσιο είναι συνήθως κωδικοποιημένα ως δυαδικές τιμές (0 και 1) που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση των ψηφιακών συσκευών, όπως μικροεπεξεργαστές, μνήμες και δίκτυα επικοινωνίας. Τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν σε διάφορες μορφές, όπως κείμενο, εικόνες, ήχος, βίντεο και άλλα, ανάλογα με την εφαρμογή και το περιβάλλον χρήσης. Στα ψηφιακά συστήματα, η επεξεργασία, ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων μπορεί να γίνει

μέσω αλγορίθμων και λογισμικού, προσφέροντας ισχυρές δυνατότητες για την εξαγωγή γνώσης και τη λήψη αποφάσεων (Provost and Fawcett, 2013).

## 2.2 Κατηγορίες Δεδομένων

Η πληροφορία-δεδομένο στα ψηφιακά συστήματα αποτελεί το θεμέλιο της ψηφιακής επεξεργασίας και ανάλυσης (Davenport and Harris, 2007) . Αναλυτικά, τα δεδομένα σε ψηφιακά συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες πτυχές:

- I. Αποθήκευση δεδομένων: Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ψηφιακές μνήμες, όπως τοπικά στοιχεία αποθήκευσης (π.χ. σκληροί δίσκοι, μνήμες flash) ή απομακρυσμένα σε διακομιστές και συστήματα αποθήκευσης cloud.
- II. Μεταφορά δεδομένων: Τα ψηφιακά συστήματα μεταφέρουν δεδομένα μέσω δικτύων και διασυνδέσεων, όπως το Internet, τα τοπικά δίκτυα (LAN), τα ασύρματα δίκτυα (Wi-Fi, Bluetooth) και άλλα πρωτόκολλα επικοινωνίας.
- III. Επεξεργασία δεδομένων: Οι ψηφιακοί επεξεργαστές, όπως οι κεντρικοί μικροεπεξεργαστές (CPU) και οι γραφικοί επεξεργαστές (GPU), εκτελούν αλγόριθμους και λογισμικό που μετατρέπουν, αναλύουν, συνδυάζουν και εξάγουν νέα δεδομένα από τα αρχικά δεδομένα (συμπεράσματα-αποτελέσματα).
- IV. Αναπαράσταση δεδομένων: Τα δεδομένα μπορούν να αναπαρασταθούν με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη μορφή τους και τη χρήση που προορίζονται. Κάποια παραδείγματα αναπαραστάσεων δεδομένων είναι το κείμενο (π.χ. ASCII, Unicode), οι εικόνες (π.χ. JPEG, PNG), το βίντεο (π.χ. MP4, AVI) και ο ήχος (π.χ. MP3, WAV). Η αναπαράσταση των δεδομένων επηρεάζει την αποδοτικότητα της επεξεργασίας, αποθήκευσης και μεταφοράς τους. Στην διπλωματική εργασία αυτή, θα μας απασχολήσει η εικόνα και σαν υποκατηγορία, η γραφική παράσταση μιας τιμής συναρτήσει άλλης.
- V. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων: Η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών και γνώσεων από τα δεδομένα απαιτεί αλγόριθμους και τεχνικές ανάλυσης, όπως η στατιστική ανάλυση, η μηχανική μάθηση, τα νευρωνικά δίκτυα και η τεχνητή νοημοσύνη. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να ανακαλύψουν πρότυπα, σχέσεις, τάσεις και προβλέψεις, καθώς και να βελτιστοποιήσουν τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση των πόρων.
- VI. Ασφάλεια δεδομένων: Η προστασία των δεδομένων από απώλεια, κλοπή, τροποποίηση ή κακόβουλη χρήση είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ακεραιότητας, της εμπιστευτικότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων. Οι τεχνικές ασφάλειας περιλαμβάνουν κρυπτογράφηση, έλεγχο πρόσβασης, αντίγραφα ασφαλείας, ανάκτηση δεδομένων και την εφαρμογή πολιτικών ασφαλείας.
- VII. Προστασία προσωπικών δεδομένων: Οι νόμοι και οι κανονισμοί για την προστασία προσωπικών δεδομένων, όπως το Γενικό Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, απαιτούν την τήρηση αυστηρών προτύπων και καλύτερων πρακτικών από τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς που διαχειρίζονται προσωπικά δεδομένα. Αυτά περιλαμβάνουν την ενημέρωση των χρηστών για τους σκοπούς της επεξεργασίας των δεδομένων τους, τη λήψη της συγκατάθεσής τους, τη δυνατότητα διαγραφής ή διόρθωσης των προσωπικών δεδομένων και τη διασφάλιση ότι τα

δεδομένα παραμένουν ασφαλή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και αποθήκευσης (Alan Charles Raul, 2019).

- VIII. Οπτικοποίηση δεδομένων: Με τη χρήση γραφημάτων, διαγραμμάτων, χαρτών και άλλων εικονικών απεικονίσεων, οι χρήστες μπορούν να αντιληφθούν γρήγορα και εύκολα τις σχέσεις, τις τάσεις και τα πρότυπα που υπάρχουν στα δεδομένα. Εργαλεία οπτικοποίησης δεδομένων, όπως το Tableau, το Microsoft Power BI, και το Google Data Studio, διευκολύνουν τη δημιουργία και την σχεδίαση διατάξεων για την ορθή απεικόνιση των δεδομένων.
- IX. Διαχείριση δεδομένων: Η διαχείριση δεδομένων αφορά τη διαδικασία οργάνωσης, αποθήκευσης, συντήρησης και ανάκτησης δεδομένων με αποδοτικό και συνεπή τρόπο. Η διαχείριση δεδομένων περιλαμβάνει εργαλεία και τεχνικές, όπως βάσεις δεδομένων, συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (DBMS), διαδικασίες ETL (Extract, Transform, Load), και προσεγγίσεις όπως η αποθήκευση και η επεξεργασία των λεγόμενων big data.
- X. Κυβερνό-αναλυτικά: αφορούν την εφαρμογή τεχνικών ανάλυσης δεδομένων για την προστασία και την ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων, των δικτύων και της ψηφιακής υποδομής. Με τη χρήση μεθόδων, όπως η μηχανική μάθηση, τα νευρωνικά δίκτυα, και η ανάλυση κίνησης δικτύου, τα κυβερνό-αναλυτικά μπορούν να βοηθήσουν στην ανίχνευση, πρόληψη και αντιμετώπιση κυβερνοεπιθέσεων, καθώς και στην αποκατάσταση των πληροφοριακών συστημάτων μετά από παραβιάσεις ασφαλείας.
- XI. Επικοινωνία δεδομένων: Η επικοινωνία δεδομένων χρησιμοποιεί πρωτόκολλα και τεχνολογίες, όπως το Transmission Control Protocol (TCP), το Internet Protocol (IP), το Wi-Fi, το Bluetooth, και το Ethernet, για να εξασφαλίσει την αξιοπιστία, την αποδοτικότητα, την ασφάλεια και τη συμβατότητα μεταξύ διαφορετικών πηγών και προορισμών δεδομένων. Επίσης, η επικοινωνία δεδομένων περιλαμβάνει τη χρήση τεχνικών, όπως η συμπίεση δεδομένων, για να βελτιστοποιήσει τη χρήση του εύρους ζώνης και να επιταχύνει τη μεταφορά δεδομένων (Forouzan and Sophia Chung Fegan, 2007).
- XII. Διαχείριση ποιότητας δεδομένων (Data Quality Management - DQM): Η διαχείριση ποιότητας δεδομένων περιλαμβάνει πρακτικές και τεχνικές, όπως η επικύρωση δεδομένων, η εξαγωγή και η καθαριότητα δεδομένων, η αποφυγή επικαλύψεων και η αντιμετώπιση των ασυνεπειών που προκύπτουν από λανθασμένες καταχωρήσεις ή από την ενοποίηση δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Εργαλεία και λύσεις λογισμικού, όπως το Informatica Data Quality, το IBM InfoSphere QualityStage και το Talend Data Quality, μπορούν να βοηθήσουν στην αυτοματοποίηση και τη βελτίωση των διαδικασιών DQM (Olson, 2003).
- XIII. Διαχείριση «μεταδεδομένων» (Metadata Management): Τα μεταδεδομένα είναι δεδομένα που περιγράφουν άλλα δεδομένα, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την προέλευση, τη δομή, τη σημασία και τη χρήση των δεδομένων. Η διαχείριση μεταδεδομένων αφορά τη διατήρηση, την ταξινόμηση και την πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες, καθώς και τη βελτίωση της συνοχής, της ευχέρειας εύρεσης νέων δεδομένων και της εύκολης χρήσης τους (Marco, 2000).

### 2.3 Επεξεργασία Δεδομένων

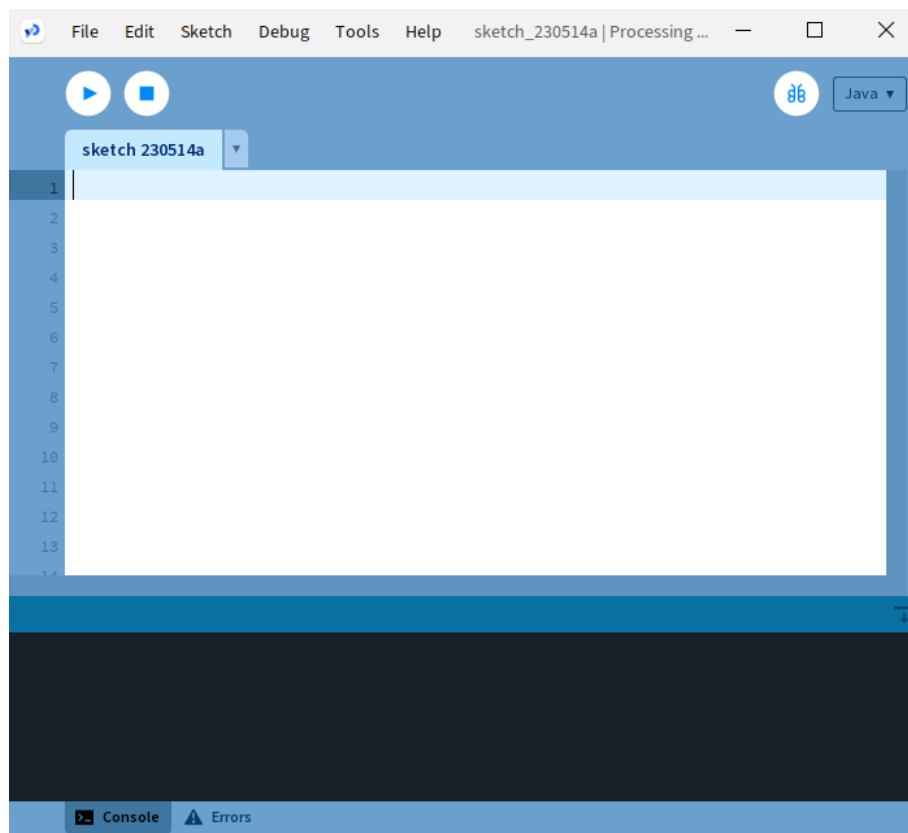
Τα πλεονεκτήματα της επεξεργασίας των δεδομένων συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω:

- I. Βελτίωση στην λήψη αποφάσεων: η επεξεργασία δεδομένων βοηθάει στους οργανισμούς, εταιρείες και γενικά σε οποιανδήποτε θελήσει να επεξεργαστεί δεδομένα γνώσεις και πληροφορίες στο να λαμβάνουν πιο σωστές αποφάσεις. Αυτό συμβαίνει διότι η επεξεργασία θα εξάγει ένα αποτέλεσμα το οποίο θα είναι επιστημονικά ενημερωμένο και ακριβές. Το αποτέλεσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση για μοτίβων, τάσεων ή και περαιτέρω στοιχείων που θα βοηθήσουν στην σωστή λήψη απόφασης. Για παράδειγμα εάν μια επιστημονική ομάδα μελετά τι κοινό έχουν 500 ασθενείς με οστεοπόρωση, θα μπορούσε να εξαχθεί κάποιο μοτίβο ή αλλιώς ένας κοινός παρονομαστής έτσι ώστε να μπορέσει να πάρει απόφαση και να φτάσει στο συμπέρασμα ότι το στοιχείο A στο αίμα και η σύσταση B στον οργανισμό έχει X πιθανότητες να προκαλέσει την παραπάνω παθολογία.
- II. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας: η ψηφιακή επεξεργασία των δεδομένων αυτοματοποιεί και μειώνει παρά πολλές εργατοώρες όπου άνθρωποι θα δαπανούσαν για να εξάγουν τα ίδια αποτελέσματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διατίθενται πιο σωστά οι πόροι και να χρησιμοποιούνται για υψηλότερους στρατηγικούς σκοπούς. Για παράδειγμα, με την αυτοματοποίηση της εισαγωγής δεδομένων στο ιστορικό ενός ασθενή, ελαχιστοποιείται ο παράγοντας του ανθρώπινου λάθους, εξοικονομώντας χρόνο και κόστος, ίσως, επανάληψης.
- III. Μεγιστοποίηση ακρίβειας: επιτυγχάνεται με την εξάλειψη των λαθών, διασφαλίζοντας ότι οι πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για την λήψη της απόφασης (ή εξαγωγή συμπεράσματος) είναι ακριβής και αξιόπιστες. Για παράδειγμα: Με τη χρήση αυτοματοποιημένων κανόνων επικύρωσης δεδομένων, οι οργανισμοί μπορούν να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια και είναι απαλλαγμένα από σφάλματα, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν αποφάσεις με σιγουριά.
- IV. Βελτιστοποίηση της εμπειρίας του πελάτη: επεξεργάζοντας κι αναλύοντας τα δεδομένα, οι οργανισμοί μπορούν να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση των αναγκών και των προτιμήσεων των πελατών τους, επιτρέποντάς τους να εξατομικεύσουν τις αλληλεπιδράσεις τους και να βελτιώσουν τη συνολική εμπειρία (Foreman, 2014). Για παράδειγμα, αναλύοντας δεδομένα συμπεριφοράς πελατών, μια εταιρεία μπορεί να δημιουργήσει στοχευμένες καμπάνιες μάρκετινγκ, να προσφέρει εξατομικευμένες προτάσεις.

Διασφάλιση συμμόρφωσης: Η επεξεργασία δεδομένων διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της συμμόρφωσης των οργανισμών, σε κανονισμούς και νόμους, όπως κανονισμούς περί απορρήτου δεδομένων, επιτρέποντάς τους να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται με ασφάλεια ευαίσθητες πληροφορίες. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας κρυπτογράφηση και ελέγχους πρόσβασης, οι οργανισμοί μπορούν να διασφαλίσουν ότι τα ευαίσθητα δεδομένα προστατεύονται και είναι προσβάσιμα και διαθέσιμα μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα, μειώνοντας τον κίνδυνο παραβίασης δεδομένων και προστατεύοντας το απόρρητο των πελατών τους (Provost and Fawcett, 2013).

## 2.4 Processing

Το Processing είναι ενός ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα και γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύχθηκε αρχικά από τον Ben Fry και τον Casey Reas στο πλαίσιο του MIT Media Lab. Αρχικά, δημιουργήθηκε ως μια απλή γλώσσα για καλλιτεχνική επεξεργασία και αναπαράσταση δεδομένων, αλλά στη συνέχεια εξελίχθηκε σε ένα ισχυρό εργαλείο για τον προγραμματισμό γραφικών, εφέ ήχου, αλγορίθμων και πολλών άλλων εφαρμογών. Ο πυρήνας της γλώσσας προγραμματισμού Processing βασίζεται σε Java, αλλά παρέχει έναν απλοποιημένο και ευκολότερο τρόπο για τη δημιουργία γραφικών και αλγορίθμων. Ένα βασικό στοιχείο του Processing είναι η ικανότητά του να δημιουργεί γραφικά παράθυρα και να επεξεργάζεται γραφικά αντικείμενα με μια απλή σύνταξη και μέθοδο. Ένα από τα πλεονεκτήματα του Processing είναι ότι παρέχει μια ενσωματωμένη ανάπτυξη περιβάλλοντος (IDE) που καθιστά εύκολη την συγγραφή και εκτέλεση κώδικα. Η κοινότητα του Processing είναι πολύ ενεργή και υπάρχουν πολλοί χρήστες που δημιουργούν και μοιράζονται κώδικα, παραδείγματα και βιβλιοθήκες. Αυτό καθιστά το Processing μια εξαιρετική επιλογή για αρχάριους προγραμματιστές που θέλουν να μάθουν γραφικό προγραμματισμό. Με το Processing μπορείτε να δημιουργήσετε απλές εικόνες, γραφήματα, αλληλεπιδραστικές εφαρμογές, βίντεο, ήχο και ακόμα και εγκαταστάσεις τέχνης. Είναι ένα ιδανικό εργαλείο για καλλιτέχνες, σχεδιαστές, μαθητές και όσους ενδιαφέρονται για την εξερεύνηση των δυνατοτήτων του προγραμματισμού. Το Processing υποστηρίζει επίσης πολλές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των Windows, Mac OS και Linux ([processing.org](http://processing.org), n.d.).



Εικόνα 2.1  
Περιβάλλον Processing  
([processing.org](http://processing.org), n.)

## 2.5 Arduino

Το 2003 στην πόλη Ιβρέα της Ιταλίας, ένας φοιτητής στα πλαίσια μιας εργασίας ανέπτυξε το Wiring project. Σκοπός του Project ήταν η ανάπτυξη ενός πιο απλοϊκού συστήματος βασισμένο σε μικροελεγκτή, έτσι να προσφέρεται πιο εύκολα στον χρήστη για την ανάπτυξη εφαρμογών. Η επέκταση του wiring project, είχε ως αποτέλεσμα το Arduino με βασικό πυλώνα τους μικροελεγκτές Atmel AVR. Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις του Arduino, η κατασκευή αυτή θα χρησιμοποιήσει το Arduino UNO, το οποίο κι απεικονίζεται στην εικόνα 2.3. Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιείται για την κατασκευή και τον προγραμματισμό ηλεκτρονικών ή μηχανολογικών διατάξεων. Μπορεί να λάβει και να στείλει δεδομένα στις περισσότερες συσκευές κι ακόμα και με χρήση του διαδικτύου μπορεί να ελέγξει κάποια συσκευή. Η διάταξη που χρησιμοποιεί το Arduino, πέρα από την ίδια την συσκευή, απαιτεί κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα και λογισμικό (το οποίο βασίζεται σε απλούστευση της γλώσσας προγραμματισμού C++). Όπως κάθε μικροελεγκτής έτσι και το arduino, είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με ένα ολοκληρωμένο (IC) το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί να κάνει πληθώρα εργασιών. Μια απλή λογική για το πώς λειτουργεί αυτή η διάταξη είναι η εξής: ο υπολογιστής προγραμματίζει το arduino, το arduino χρησιμοποιεί τα επιμέρους ηλεκτρονικά κυκλώματα που θα συνδεθούν σε αυτό έτσι ώστε να φέρει εις πέρας την συγκεκριμένη εντολή που το έχει δοθεί από τον υπολογιστή και κατά επέκταση από τον προγραμματιστή – χρήστη. Αξίζει να αναφερθεί πως η γέφυρα που συνδέει την εκτέλεση της εντολής με την αρχική ανάγκη εκτέλεσης της και τον προγραμματισμό της, είναι το ηλεκτρονικό κύκλωμα που θα μεσολαβήσει μεταξύ κώδικα και αποτελέσματος. Βασικές εφαρμογές που μπορεί να λάβει το arduino είναι η ανάγνωση από συσκευές εισόδου όπως είναι διάφορες αισθητήρες, για παράδειγμα, αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης ή αισθητήρας μπορεί να αποτελέσει κι ένα ποτενσιόμετρο ή μια κεραία RF. Αυτοί οι αισθητήρες σαν γενικό κανόνα και ανεξάρτητα από τον σκοπό της χρήσης του, λειτουργούν με βάση ότι λαμβάνουν κάποιο σήμα ή μεταβάλλονται στον χώρο και μεταβάλουν μια αρχικά γνωστή αντίσταση. Αυτή η αντίσταση συνήθως πολώνεται με κάποια γνωστή τάση έτσι ώστε όταν μεταβληθεί η αντίσταση μεταβάλλεται και το ρεύμα ή η τάση σύμφωνα με τον νόμο του Ohm κι έτσι λειτουργεί ως αισθητήρια διάταξη, μια γνωστή κι αρκετά απλή διάταξη είναι η φωτοαντίσταση όπου μεταβάλλει την αντίσταση σε  $\Omega$  στα άκρα της ανάλογα με το φως στο περιβάλλον το οποίο βρίσκεται. Στην συνέχεια επεξεργάζεται το σήμα βάση του προγραμματισμού του και μπορεί να το αποδώσει σε διάφορες συσκευές εξόδου όπως: LED, Ηχεία, Οθόνες ή και κάποιο μοτέρ. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω των ακροδεκτών, οι οποίοι μπορούν να χωριστούν σε ακροδέκτες εισόδου/εξόδου και ακροδέκτες που σχετίζονται με την τροφοδοσία. Το Arduino είναι ικανό να διαβάσει αναλογικά σήματα (όλες τις τάσεις από 0 έως 5V) καθώς και ψηφιακά σήματα (0 ή 5V). Επιπρόσθετα το Arduino, μπορεί να παρέχει τάση σε εξωτερικές συσκευές στα 3.3V ή στα 5V, αλλά περιορίζεται στο ρεύμα που μπορεί να δώσει, που είναι έντασης έως 30-40 mA. Το arduino μπορεί να διαχωριστεί σε δύο επιμέρους τμήματα, το υλισμικό μέρος και το λογισμικό μέρος (Arduino.cc, 2019).

### A. Υλισμικό μέρος

Το υλισμικό κομμάτι του arduino αποτελείται από αρκετά στοιχεία όπου το κάνουν ικανό να λειτουργεί. Τα πιο σημαντικά όμως είναι:

- Θύρα USB, επιτρέπει την λήψη του κώδικα στον μικροελεγκτή και έχει μια σταθερή τάση στα 5V όπου θέτει και το arduino σε λειτουργία, επομένως λειτουργεί κι ως τροφοδοσία.
- Θύρα εξωτερικής τροφοδοσίας, συνήθως τα 5V δεν επαρκούν για τις λειτουργίες όπου έχει προγραμματιστεί με αποτέλεσμα αυτή η θύρα με εύρος λειτουργίας τα 9-12V να τροφοδοτεί το κύκλωμα του arduino.
- Κουμπί RESET, κάθε φορά που θα πατηθεί επιτρέπει στο arduino να «τρέξει» από την αρχή μαζί με την ικανότητα να πάρει νέο κώδικα αν αυτό του έχει δοθεί από την θύρα USB.
- Μικροελεγκτής, είναι το ολοκληρωμένο όπου λαμβάνει ή στέλνει πληροφορίες ή επενεργεί στο ηλεκτρονικά κύκλωμα που συνδέεται με το ζητούμενο αποτέλεσμα ή την ζητούμενη έξοδο.
- Αναλογικά PIN (0-5), αναλογικά PIN εισόδου με σήμανση A0 έως και A5.
- Ψηφιακά PIN I/O (Εισόδου-Εξόδου), είναι τα PIN με αριθμό από το 2 έως και το 13.
- In- Circuit Programmer, αφορά μια εναλλακτική μέθοδο προγραμματισμού του κώδικα.
- Ψηφιακά κι αναλογικά PIN γείωσης.
- PIN ισχύος, με 3.3V και 5V.

## B. Λογισμικό μέρος

Το λογισμικό είναι ένα σύνολο από οδηγίες σε συγκεκριμένη δομή, σύνταξη και συστοιχία όπου λέει στο υλισμικό τμήμα, τι και πώς να πράξει. Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2 το περιβάλλον προγραμματισμού του arduino χωρίζεται σε τρία κύρια τμήματα:

- Command Area, εκεί είναι η περιοχή όπου υπάρχουν τα μενού για τα: File, Edit, Sketch, Tools, Help αλλά και εικονίδια με σκοπό τον έλεγχο του κώδικα, την αποστολή του κώδικα στο arduino, νέο αρχείο, αποθήκευση κτλ.
- Text Area, εκεί συντάσσεται ο κώδικας όπου χρησιμοποιείται ως γλώσσα προγραμματισμού μια απλουστευμένη μορφή της C++, κι όλος ο κώδικας επίσης λέγεται και sketch. Η περιοχή αυτή απαρτίζεται από δυο τμήματα, το void setup και το void loop. Στο void setup, γίνεται η αρχικοποίηση όλων των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στον κώδικα και τίθενται οι αρχικές συνθήκες, αυτό το κομμάτι τρέχει μια φορά κατά την εκκίνηση. Στο void loop, γράφεται ο κώδικας όπου θα τρέχει ή θα εκτελεί επαλειμμένος.
- Πλαίσιο εμφάνισης μηνύματος, κατά κύριο λόγο για τον έλεγχο του κώδικα.

Επίσης το Arduino, παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα τα οποία θα αναφερθούν συνοπτικά: έχει χαμηλό κόστος, συμβατότητα (Windows και Linux) και απλό περιβάλλον ανάπτυξης που το καθιστά φιλικό προς όλους τους χρήστες, προχωρημένους ή αρχάριους. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα που έχει το arduino είναι ότι δεν απαιτεί εξωτερική συσκευή για τον προγραμματισμό του όπως χρειάζεται στους κοινούς μικροελεγκτές, συνδέεις σε μια κοινή θύρα USB, την σειριακή θύρα του arduino και από εκεί μέσω του ειδικού λογισμικού

προγραμματίζεται. Στον Πίνακα 2.1 εμφανίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του Arduino UNO. Η Flash memory φιλοξενεί το πρόγραμμα του χρήστη και μπορεί να μείνει αποθηκευμένο ακόμα κι όταν ο μικροελεγκτής δεν έχει τροφοδοσία.



Εικόνα 2.2  
Περιβάλλον Arduino  
(Arduino.cc, 2019)



Εικόνα 2.3  
Κατόψη Arduino  
(Arduino.cc, 2019)



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ARDUINO UNO	
Μικροελεγκτής	ATmega328
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εξωτερικής τροφοδοσίας	7-12V
Όρια τάσης εξωτερικής τροφοδοσίας	6-20V
Ψηφιακές εισοδοι/έξοδοι (μέσω ακροδεκτών)	14(6 με PWM)
Αναλογικές εισοδοι (μέσω ακροδεκτών)	6
Μέγιστο συνεχές ρεύμα ανά ακροδέκτη εισόδου/εξόδου	40 mA
Μέγιστο ρεύμα για τον ακροδέκτη 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB εκ των οποίων τα 0.5 KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Ταχύτητα ρολογιού	16 MHz



Εικόνα 2.4  
Πλάγια όψη Arduino Uno  
(Arduino.cc, 2019)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ		
A/A	Χαρακτηριστικό	Περιγραφή
1	Κουμπί RESET	Αρχικοποιεί ξανά τη λειτουργία του board
2	LED Σειριακής Επικοινωνίας	Φωτοβολεί όταν γίνεται ανταλλαγή δεδομένων με τον Η/Υ
3	LED pin 13	Ενσωματωμένο LED για άμεσες δοκιμές
4	Pin AREF	Προσδιορισμός τάσης αναφοράς για ανάγνωση αναλογικών σημάτων
5	Γείωση	Ακροδέκτης GND
6	Pin 0-13	Ακροδέκτης ψηφιακής επικοινωνίας με εξωτερικές συσκευές και κυκλώματα
7	Pin σειριακής επικοινωνίας	Πρόσβαση στα σήματα εκπομπής και λήψης σειριακής επικοινωνίας με τον Η/Υ
8	LED λειτουργίας	Ένδειξη λειτουργίας του BOARD
9	Μικροελεγκτής	ATmega328p
10	Pin αναλογικής εισόδου	Διάβασμα αναλογικών σημάτων
11	Pin εξωτερικής τροφοδοσίας	Πρόσθετες δυνατότητες τροφοδοσίας (όχι σε όλα τα board)
12	Τροφοδοσία 5V	Έξοδος 5V
13	Τροφοδοσία 3,3V	Έξοδος 3,3V
14	Pin RESTART	Προγραμματιζόμενο RESET
15	Εξωτερική τροφοδοσία	Τροφοδοσία από Μπαταρία
16	Θύρα USB	Επικοινωνία με Η/Υ και παροχή τροφοδοσίας

## 2.6 Θεωρητικό Υπόβαθρο Κυκλώματος

Υπάρχουν δυο βασικά κυκλώματα σε αυτή την κατασκευή. Το πρώτο κύκλωμα αφορά τις αισθητήριες διατάξεις, θερμοκρασίας και υγρασίας, τον καταγραφέα των μετρήσεων (μαζί με την κάρτα μνήμης όπου και αποθηκεύονται οι τιμές/δεδομένα) καθώς και τον αναμεταδότη της πληροφορίας. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας – υγρασίας είναι ο AM2302 (DHT22), όπου συνδέεται μέσω αντίστασης. Το λογισμικό στο arduino αποκωδικοποιεί τα ψηφιακά σήματα εξόδου του αισθητήρα ώστε να εκλάβει τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας. Στην συνέχεια στέλνονται στην κεραία κι αποστέλλονται μέσω του αναμεταδότη στον παραλήπτη. Περιοδικά, καταγράφονται και στην κάρτα μνήμης. Οι microSD κάρτες, απαιτούν μια τάση τροφοδοσίας στα 2.7 με 3.3 V και έχουν τροφοδοσία από το arduino. Για να γίνει η καταγραφή

στην κάρτα μνήμης χρειάζεται ένα ολοκληρωμένο IC τύπου 74HC4050 level-shifter, το οποίο παίρνει την έξοδο από το arduino και την μετατρέπει σε κατάλληλο-κατανοητό επίπεδο για την κάρτα μνήμης. Έχουν τοποθετηθεί διακόπτες για να ρυθμίζεται κάθε φορά που χρειάζεται η σωστή ημερομηνία και ώρα. Η ώρα απεικονίζεται στο κύκλωμα του δέκτη/παραλήπτη ενώ ρυθμίζεται από τον αναμεταδότη. Υπάρχει επιπλέον διακόπτης ώστε να σταματήσει η καταγραφή των δεδομένων, τίθεται ξανά σε λειτουργία με την επανεκκίνηση του συστήματος ή αν πατηθεί ξανά ο διακόπτης. Η μονάδα του παραλήπτη από την άλλη πλευρά, λαμβάνει τα δεδομένα μέσω του receive τα στέλνει στο μικροελεγκτή όπου από την πλευρά του, οδηγεί την οθόνη και στο τέλος τα απεικονίζει σε αυτή.

## 2.7 Θεωρητικό Υπόβαθρο Προγραμματισμού

Πριν τον προγραμματισμό του βασικού κυκλώματος, θα προηγηθεί ένα πιο απλό παράδειγμα που θα υλοποιεί μια εφαρμογή φακού. Δηλαδή, το πάτημα ενός κουμπιού και η φωτοβολή μιας διόδου LED. Αρχικά θα πρέπει να οριστούν κάποιες βασικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στον προγραμματισμό ώστε να μπορέσει να γίνει κατανοητή η θέση τους στον κώδικα.

- Σταθερά: Μια σταθερά είναι μια τιμή (π.χ. ο ακέραιος αριθμός 7), η οποία περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα (pinMode(8, OUTPUT) ) και δεν μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του.
- Μεταβλητή: αντιπροσωπεύει μια περιοχή μνήμης που μπορεί να φιλοξενήσει κάποιο δεδομένο. Μέσα από τη χρήση του ονόματος της μεταβλητής, μπορούμε να τροποποιούμε και να διαβάζουμε το περιεχόμενό της κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.
- Χαρακτηριστικά μεταβλητής: κάθε μεταβλητή έχει ένα όνομα, έναν τύπο και μια τιμή. Η τιμή μπορεί να μεταβάλλεται κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Αντίθετα ο τύπος ορίζεται μια φορά και παραμένει αμετάβλητος καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης
- Δήλωση μεταβλητής: `τύπος_μεταβλητής όνομα_μεταβλητής ;` ή `τύπος_μεταβλητής όνομα_μεταβλητής = τιμή ;`

Τύποι μεταβλητής: boolean (παίρνει 2 τιμές True, False), char (ακέραιοι αριθμοί ενός byte που συνήθως αντιπροσωπεύουν χαρακτήρες ASCII), byte (ακέραιοι αριθμοί μήκους ενός byte), int (ακέραιοι αριθμοί των 2 byte), short (ακέραιοι αριθμοί των 2 byte για όλα τα Arduino), long (μεγάλοι ακέραιοι αριθμοί των 4 byte), unsigned (πρόθεμα που χρησιμοποιείται με τους τύπους char,int και long και ορίζει ότι πρόκειται για μη προσημασμένους αριθμούς), word (μη προσημασμένοι ακέραιοι των 2 byte), float (πραγματική αριθμοί κινητής υποδιαστολής 4 byte), double (για το arduino due), string (συμβολοσειρά), const (είναι πρόθεμα για δήλωση σταθεράς).

### *Παράδειγμα υλοποίησης Φακού*

Στην εικόνα 2.5, χρησιμοποιώντας το λογισμικό fritzing, αποτυπώνεται η υλισμική σχεδίαση της εφαρμογής όπου τα εξαρτήματα που μας απασχολούν είναι το διακόπτης SW1 και το LED1. Ο σκοπός του κώδικα είναι πατώντας το κουμπί μια φορά, το LED να ανάβει μέχρι να ξαναπατηθεί το διακόπτης SW1. Ένας διακόπτης διαθέτει δυο ακροδέκτες οι οποίοι διαρρέονται από ρεύμα εντάσεως A όταν αυτός είναι κλειστός. Ο συγκεκριμένος διακόπτης,

διαθέτει τέσσερις ακροδέκτες εκ των οποίων το αριστερό του τμήμα είναι αποκομμένο από το δεξιό και αποτελεί στο σύνολο του συσκευή εισόδου του Arduino. Η συνδεσμολογία του διακόπτη στο Arduino, μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Ο πρώτος είναι όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2.5, δηλαδή το δεξιό τμήμα συνδέεται το ένα μέρος σε χαμηλό δυναμικό (GND) και παρεμβάλλεται εν σειρά αντίσταση, και το άλλο μέρος στο pin που έχει οριστεί ως είσοδο στο Arduino. Το αριστερό μέρος, συνδέεται σε υψηλό δυναμικό (+5V) κι όταν πατηθεί ο διακόπτης η είσοδος θα δει (+5V – HIGH). Η δεύτερη συνδεσμολογία, αφορά την σύνδεση pull-up όπου το μέρος του διακόπτη που θα συνδεθεί στο arduino(πχ δεξιό), έχει αντίσταση και τροφοδοσία +5V ενώ το άλλο μέρος (αριστερό), συνδέεται κατευθείαν σε χαμηλό δυναμικό GND, επομένως μόλις πατηθεί ο διακόπτης η είσοδο διαβάζει χαμηλό δυναμικό LOW. Για να υλοποιηθεί η εφαρμογή και να «ξέρει» το Arduino, τότε πατάμε το διακόπτη και τότε όχι, χρειάζεται μια δομή ελέγχου, η οποία συντάσσεται με τον παρακάτω τρόπο:

```

if (συνθήκη)
{
  Εντολή 1;
  Εντολή 2;
  ...
}
else
{
  Εντολή n;
  Εντολή n+1;
  ...
}
  Εντολή k;

```

Η εντολή else μπορεί να παραληφθεί, αυτή εκτελείται μόνο αν θέλουμε να εκτελεστεί κάτι άλλο όταν δεν ισχύει η αρχική συνθήκη που βρίσκετε στην if. Στην συνθήκη μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τελεστές σύγκρισης: ίσων (==), μεγαλύτερο (>), μικρότερο (<), μεγαλύτερο ή ίσο (>=), μικρότερο ή ίσο (<=) και αδιάφορο (!=). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και λογική τελεστές όπως: not(!), and(&&) και or(||).

### **Παράδειγμα Κώδικα**

```

const int LED_Pin = 12;

const int Button_Pin = 2;

const int Debounce_Delay = 50; //Λόγο ταλάντωσης διακόπτη

int LED_State = LOW;

int Prev_Button_State = LOW;

void setup() { // put your setup code here, to run once:

pinMode(LED_Pin, OUTPUT);

pinMode(Button_Pin, INPUT);}

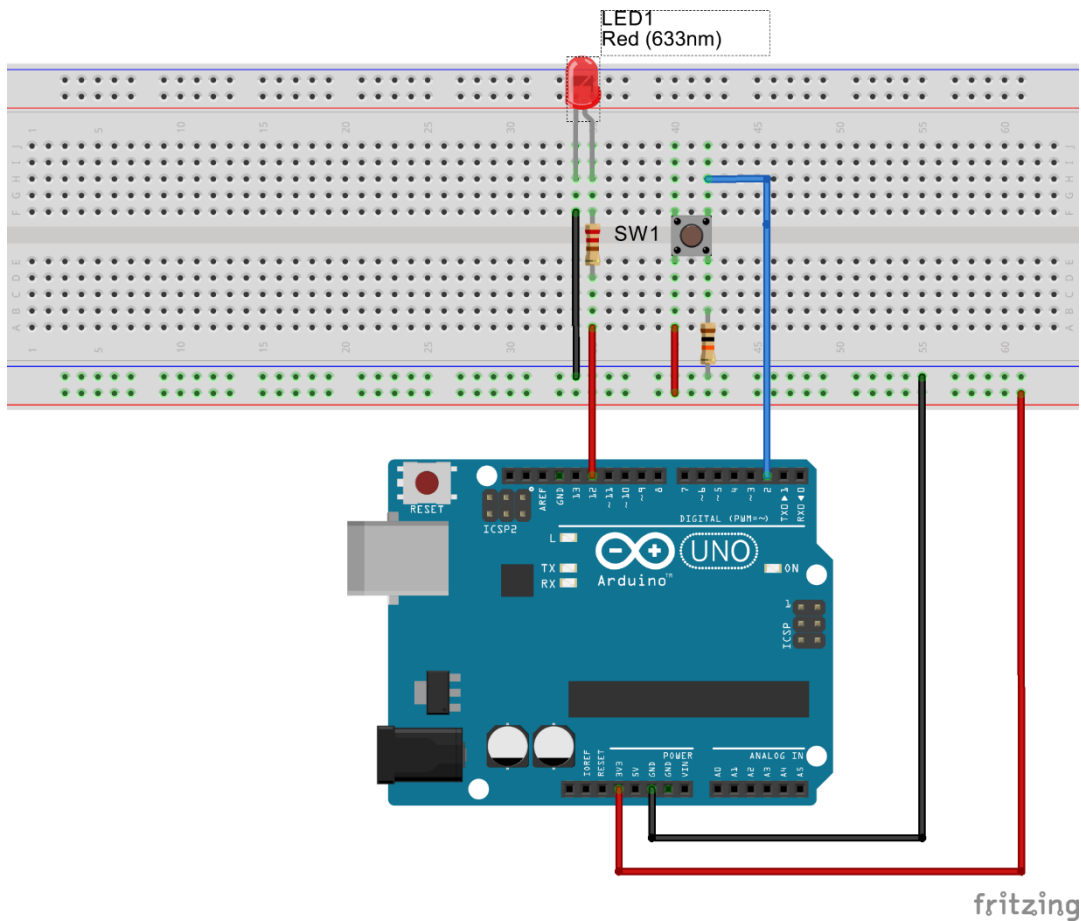
void loop() {

```

```

// put your main code here, to run repeatedly:
int Button_State = digitalRead(Button_Pin);
if ((Button_State == HIGH) && (Prev_Button_State == LOW)){
if (LED_State == LOW){
LED_State = HIGH;}
else{LED_State = LOW;}
digitalWrite(LED_Pin, LED_State);}
if (Button_State != Prev_Button_State)
delay(Debounce_Delay);
Prev_Button_State = Button_State;}

```



Εικόνα 2.5  
 Παράδειγμα Κυκλώματος  
 (fritzing.org, n.d.)

## 2.8 BREAKOUT BOARD FOR MICRO SD CARD MINI



Εικόνα 2.6  
Breakout Board for Micro SD card

### Προδιαγραφές

- Υποστήριξη: Micro SD Card, Micro SDHC card.
- Τροφοδοσία: 4.5 V – 5.5 V, σταθεροποιητής τάσης στα 3.3V.
- Οπές στήριξης/τοποθέτησης: 4 M2 βίδες, διαμέτρου 2.2mm.
- Control Interface: GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS.
- Διαστάσεις: 45 x 28mm.
- Βάρος: 6g.

### Arduino

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
const int chipSelect = 4;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    Serial.print("Initializing SD card...");
    if (!SD.begin(chipSelect)) {
      Serial.println("Card failed, or not present");
      while (1);
    }
    Serial.println("card initialized.");
  }
}
void loop() {
  String dataString = "";
  for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {
    int sensor = analogRead(analogPin);
    dataString += String(sensor);
    if (analogPin < 2) {
      dataString += ",";
    }
  }
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.println(dataString);
    dataFile.close();
    Serial.println(dataString);
  }
  else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
  }
}
```

Παρατηρούμε ένα παράδειγμα όπως αυτό βρίσκεται στην βιβλιοθήκη SD.h του arduino. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το module για την MICROSD κάρτα, πρέπει να συμπεριληφθεί η βιβλιοθήκη SD.h η οποία απαιτεί για την μετάφραση και την εισαγωγή των εντολών στο arduino και την βιβλιοθήκη SPI.h παρόλο που εμφανές δεν χρησιμοποιείται.

Για την υλοποίηση των απαιτήσεων της εργασίας, γίνεται παραμετροποίηση του άνωθεν παραδείγματος όπου θα παρουσιαστή στον τελικό κώδικα. Η συνδεσμολογία των ακροδεκτών του breakout board με το arduino, έχει ως εξής:

MOSI → PIN 11

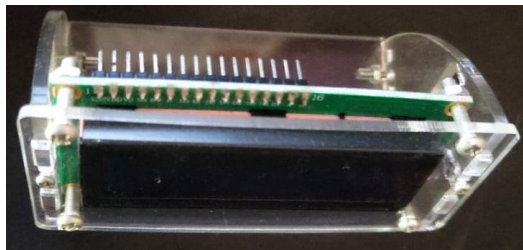
MISO → PIN 12

CLK → PIN 13

CS → PIN 4

## 2.9 16x2 CHARACTER LCD – WHITE ON BLUE 5V

Ως συσκευή εξόδου επιλέγεται η οθόνη που αναγράφεται στον τίτλο, και φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 2.7  
LCD οθόνη εντός περιβλήματος

Στην οθόνη, στην σειρά των υποδοχών των PIN, πραγματοποιήθηκε κόλληση και στην συνέχεια τοποθετήθηκε ακρυλική βάση στήριξης για την οθόνη. Παρακάτω το τελικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.8  
Κάτοψη LCD οθόνης

### Προδιαγραφές

- Τύπος: Χαρακτήρων LCD
- Αριθμός Χαρακτήρων: 16x2
- Χρωματισμός οθόνης: Μπλε
- Διεπαφή: Παράλληλη
- Τύπος οθόνης: Υγρών Κρυστάλλων (LCD), αλφαριθμητική
- Τεχνολογία οθόνης: Αρνητικού STN
- Αριθμός Pin: 16, 2.54mm
- Χρώμα αντίθεσης: Άσπρο
- Διαστάσεις συνολικές: 80x36x13.2mm
- Διαστάσεις οθόνης: 66x16mm

## Arduino

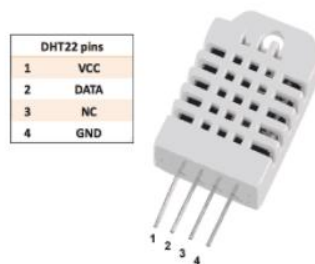
```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);
void setup() {
  delay(100);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Monitoring");
  lcd.setCursor(3,1);
  delay(100);
  lcd.print("Temp&Humi");
  delay(3000);
  lcd.clear();}
```

Ο κώδικας αυτός είναι ένα αρκετά απλό παράδειγμα για το πώς λειτουργεί η οθόνη που χρησιμοποιείται σε αυτήν την εργασία, ως συσκευή εξόδου. Απαιτείται η σύνδεση των Pin όπως ορίζονται στην LiquidCrystal lcd(pinx,pin2x,...,piny), και η σύνδεση ενός ποτενσιόμετρου αντίστασης 10K ώστε να ρυθμίζεται η αντίθεση της οθόνης, ανάλογα τις ανάγκες του χρήστη.

Συνδεσμολογία των pin(αριστερά pin οθόνης δεξιά pin arduino):

PIN1 → GND	PIN11 → PIN4
PIN2 → +5V	PIN12 → PIN5
PIN3 → 10KΩ	PIN13 → PIN6
PIN4 → PIN2	PIN14 → PIN7
PIN5 → GND	PIN15 → +5V
PIN6 → PIN3	PIN16 → GND

## 2.3 TEMPERATURE AND HUMIDITY SENSOR – AM2302(DHT22)



Εικόνα 2.9  
Αισθητήρας DHT22

Ο αισθητήρας DHT22 χρησιμοποιεί αποκλειστική τεχνική συλλογής ψηφιακού σήματος καθώς και τεχνολογία ανίχνευσης υγρασίας, με ικανότητα εξαγωγής βαθμονομημένου ψηφιακού σήματος. Το μικρό του μέγεθος καθώς και η μικρή κατανάλωση ρεύματος τον καθιστούν πολύ πρακτικό αισθητήρα.

### Προδιαγραφές

- Τύπος Αισθητήρα: Θερμοκρασίας Υγρασίας
- Τυπική Τάση Εισόδου: 3.3VDC - 5VDC



- Ρεύμα Λειτουργίας: 1.5mA
- Διασύνδεση: Ψηφιακή
- Πρωτόκολλο Επικοινωνίας: Χωρίς
- Εύρος μέτρησης υγρασίας: 0-100% RH
- Εύρος μέτρησης θερμοκρασίας: -40 – 125 °C
- Ακρίβεια μέτρησης υγρασίας: ±2%
- Ακρίβεια μέτρησης θερμοκρασίας: ±0.5°C

## Arduino

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  dht.begin();}
void loop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return; }
```

Ο αισθητήρας, έχει δικιά του βιβλιοθήκη στο arduino όπου γίνεται εισαγωγή στον κώδικα, έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργήσει. Η βιβλιοθήκη απαιτεί να οριστεί ο τύπος του αισθητήρα (πχ DHT22 ή DHT11) καθώς και το pin όπου πραγματοποιείται η σύνδεση με το arduino. Στον παραπάνω κώδικα, δείχνετε πως παίρνουμε τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας καθώς και πως ελέγχουμε ότι πραγματικά έχουμε λάβει τιμές. Σημαντική είναι η καθυστέρηση που υπάρχει στην εντολή delay(2000), δηλαδή η μέτρηση να γίνεται κάθε 2 δευτερόλεπτα, ώστε να σταθεροποιείται η έξοδο του αισθητήρα για να λάβουμε την ψηφιακή μέτρηση.

Συνδεσμολογία των pin:

PIN1 → +5V  
 PIN2 → DHTPIN  
 PIN3 → Στον «αέρα»  
 PIN4 → GND

Σύνδεση αντίστασης 10 KΩ μεταξύ PIN1 και PIN2.

## 2.4 RF LINK TRANSMITTER AND RECEIVER – 433 MHz



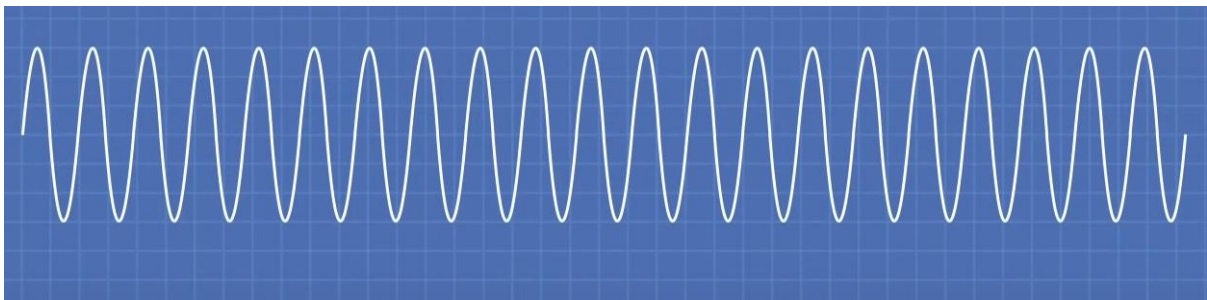
Εικόνα 2.10  
RF LINK

Η επικοινωνία μεταξύ των δυο arduino, πραγματοποιείται με την παραπάνω διάταξη. Ο αποστολέας όπου περιλαμβάνει τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας καθώς και την κάρτα μνήμης. Συνδέεται στο module του transmitter και μέσω κώδικα αποστέλλει τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας. Στην πλευρά του δέκτη βρίσκεται η οθόνη LCD που απεικονίζει τις τιμές που έχει λάβει, μέσω του receiver αφού ελεγχθεί αρχικά ότι τα δεδομένα που έχουν ληφθεί πληρούν τις απαραίτητες συνθήκες, ώστε να περιορίζεται ο θόρυβος από το περιβάλλον. Στις διατάξεις αυτές, όπως απεικονίζονται τοποθετήθηκε σε προσχεδιασμένη από τον κατασκευαστή οπή, κεραία για τα βέλτιστα αποτελέσματα μήκους ίση με  $\lambda/4$ , όπου συγκεκριμένα για  $f = 433\text{MHz}$ ,  $\mu = 17.31\text{ cm}$ . Η κεραία αποτελείται από απλό καλώδιο χαλκού. Το module του αποστολέα, λειτουργεί με την μέθοδο Amplitude Shift Keying (ASK), που είναι παρόμοια με την μέθοδο AM στις ραδιοφωνικές συχνότητες. Η τεχνική, τροποποιεί το κύμα που περιέχει την πληροφορία. Το κύμα στην αρχική του μορφή είναι όπως φαίνεται στην εικόνα 2.11. Ενώ με την τροποποίηση του πλάτους, μπορούμε να το περιγράψουμε ότι ένας διακόπτης 0/1 αλλάζει την κυματομορφή όπως φαίνεται στην εικόνα 2.12. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα, όπως ότι είναι εύκολη στην υλοποίηση, είναι εύκολο το κύκλωμα του δέκτη(και αποκωδικοποιητή), χρειάζεται λιγότερο εύρος από την μέθοδο τροποποίησης της συχνότητας (FSK), αλλά είναι ευαίσθητη στον θόρυβο. Για την υλοποίηση της κατασκευής και χρήση των άνωθεν υλικών (transmitter and receiver) χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη της Radiohead. Η χρήση της βιβλιοθήκης, βοηθάει σημαντικά στην εξάλειψη του θορύβου και έτσι καθιστά την εισαγωγή της στον κώδικα αναγκαία. Η επιλογή των pin 12 και pin 11 στα αντίστοιχα arduino, δεν είναι αυθαίρετη, αλλά απαραίτητη ώστε να λειτουργήσει η βιβλιοθήκη της Radiohead.

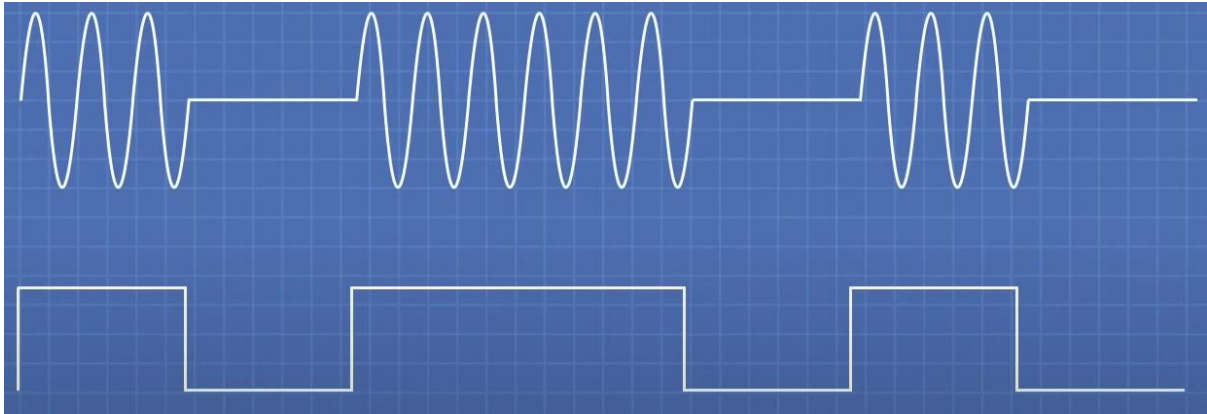
Συνδεσμολογία των PIN:

Transmitter  
DATA → PIN 12  
VCC → +5V  
GND → GND

Receiver  
VCC → +5V  
GND → GND  
PIN2(H 3) → PIN11



Εικόνα 2.11  
Αρχική Μορφή Κύματος



Εικόνα 2.12  
Κύμα με τροποποιημένο  
πλάτος

Arduino

//Ακολουθεί παράδειγμα κώδικα που διαβάζει τιμές υγρασίας και θερμοκρασίας από τον DHT22 αισθητήρα τα απεικονίζει σε LCD οθόνη, και στην συνέχεια τα μεταδίδει.

```
#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h>
#include "DHT.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#define DHTPIN 8
#define DHTTYPE DHT22
LiquidCrystal lcd(2,3,4,5,6,7);
float hum;
float temp;
int i=0;
String str_humid;
String str_temp;
String str_out;
RH_ASK rf_driver;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  rf_driver.init();
  dht.begin();
  lcd.begin(16,2);
  delay(2000);}
void loop() {
  hum = dht.readHumidity();
  temp= dht.readTemperature();
  str_humid = String(hum);
  str_temp = String(temp);
  str_out = str_humid + "," + str_temp;
  static char *msg = str_out.c_str();
  rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg));
  rf_driver.waitPacketSent();
  for ( i=0; i<str_out.length(); i++){
    if (str_out.substring(i, i+1) == ","){
```

```

    str_humid = str_out.substring(0,i);
    str_temp = str_out.substring(i+1);
    break; } }
lcd.home();
lcd.print("Temp is ");
lcd.print(str_temp);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Humid is ");
lcd.print(str_humid);
delay(2000);
lcd.clear();}

```

*//Ακολουθεί παράδειγμα κώδικα που λαμβάνει τα δεδομένα και τα απεικονίζει στον Η/Υ σειριακά.*

```

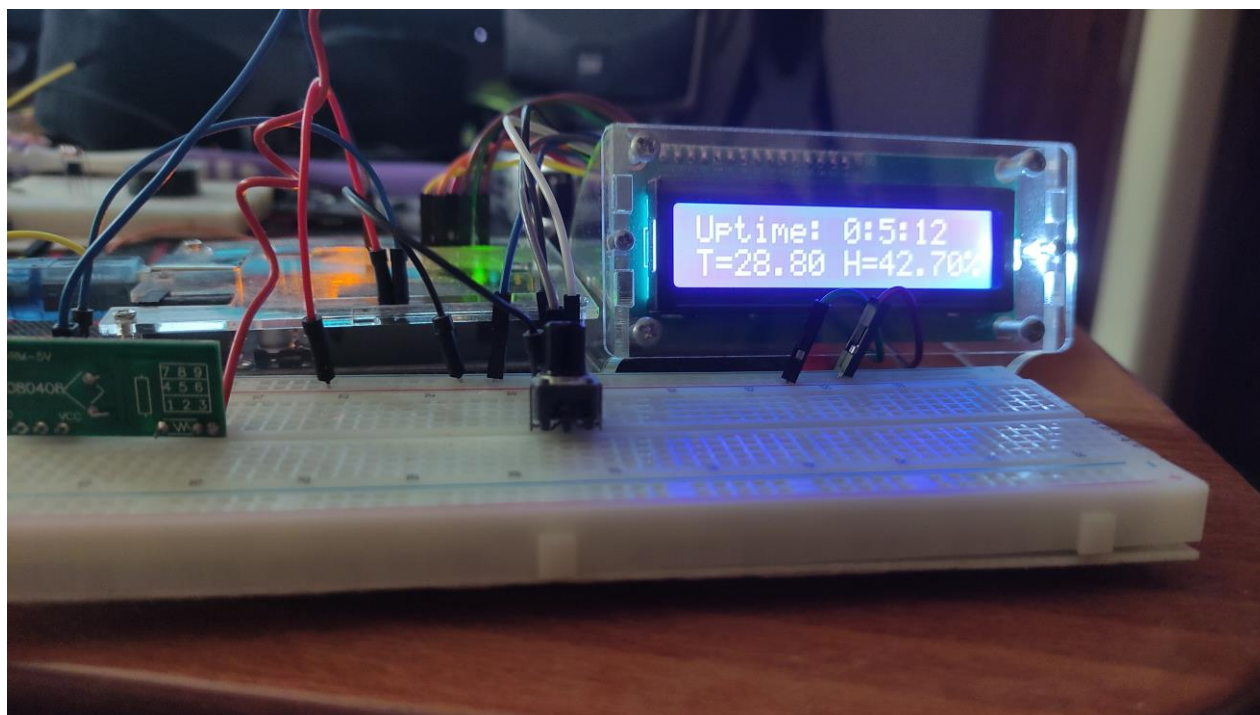
#include <RH_ASK.h>
#include <SPI.h>
String str_humid;
String str_temp;
String str_out;
int i=0;
RH_ASK rf_driver;
void setup() {
rf_driver.init();
Serial.begin(9600);}
void loop() {
  uint8_t buf[11];
  uint8_t buflen = sizeof(buf);
  if (rf_driver.recv(buf, &buflen))
  { str_out = String((char*)buf);
  for ( i=0; i<str_out.length(); i++){
    if (str_out.substring(i, i+1) == ","){
      str_humid = str_out.substring(0,i);
      str_temp = str_out.substring(i+1);
      break; } }
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(str_humid);
  Serial.print(" - Temperature: ");
  Serial.println(str_temp); } }

```

Σημαντικό στοιχεία και στα δυο τμήματα του κώδικα είναι να γνωρίζουμε το «μέγεθος» του μηνύματος που αποστέλλομαι, έτσι ώστε να συγκριθεί και να ελεγχθεί κατά την λήψη με στόχο τον αποκλεισμό του θορύβου και γενικότερα των ευρύτερων παρεμβολών.

### 3. Αποτελέσματα

Στην Εικόνα 3.1, φαίνεται η αρχική σχεδίαση που αφορά την δοκιμή ενός αισθητήρα καθώς και του προγραμματιστικά-σχεδιασμένου χρονομέτρου όπου δείχνει πόση ώρα είναι ενεργό το σύστημα. Στην ενότητα 4 αναφέρεται ο προβληματισμός που υπήρξε και γιατί στο τελικό αποτέλεσμα όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα 3.5 δεν υπάρχει το “Uptime”. Η εικόνα 3.2 και 3.3 δείχνει, το πώς εμφανίζεται ο συναγερμός υψηλής θερμοκρασίας καθώς και χαμηλής (εικόνα 3.3) όταν η τιμή της θερμοκρασίας είναι εκτός των φυσιολογικών προδιαγραφών. Ο αισθητήρας έχει πολύ μεγαλύτερο εύρος λειτουργίας όπως αναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, αλλά για την χρήση που προορίζεται θέλουμε να μετράει στο φάσμα 2 έως 6 βαθμών κελσίου. Αυτή είναι η θερμοκρασία που θα πρέπει αν βρίσκεται το αίμα βάση φυσιολογίας του. Όμως για να καταγράφονται οι τυχόν αποκλίσεις και να ειδοποιείται ο χειριστής της κατασκευής ή ο γιατρός, πρέπει ο αισθητήρας να μετράει θερμοκρασίες χαμηλότερες των 2 βαθμών κελσίου αλλά και μεγαλύτερες των 6. Αυτό συμβαίνει γιατί και πάλι ο κατασκευαστής μας λέει ότι το εύρος του είναι από -40 έως 125 βαθμών κελσίου. Όταν η τιμή της θερμοκρασίας είναι χαμηλότερη των φυσιολογιών ορίων, εκτός των μηνυμάτων στην οθόνη του χρήση HIGH και LOW temp, υπάρχει και οπτικοακουστικός συναγερμός όπου στην εικόνα 3.4 μπορεί να παρουσιαστεί μόνο ο οπτικός.



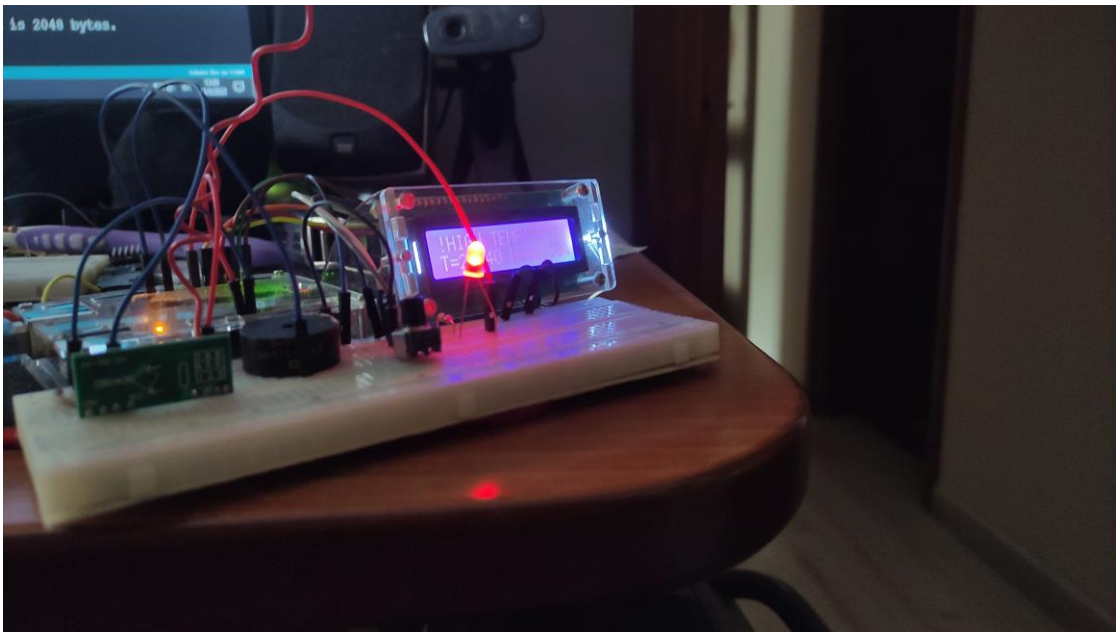
Εικόνα 3.1  
Αρχικό αποτέλεσμα με χρήση ενός αισθητήρα



Εικόνα 3.2  
Θερμοκρασία μεγαλύτερη του Άνω κατωφλίου  
(6 βαθμών)



Εικόνα 3.3  
Θερμοκρασία Μικρότερη του Κάτω  
κατωφλίου (2 βαθμών)

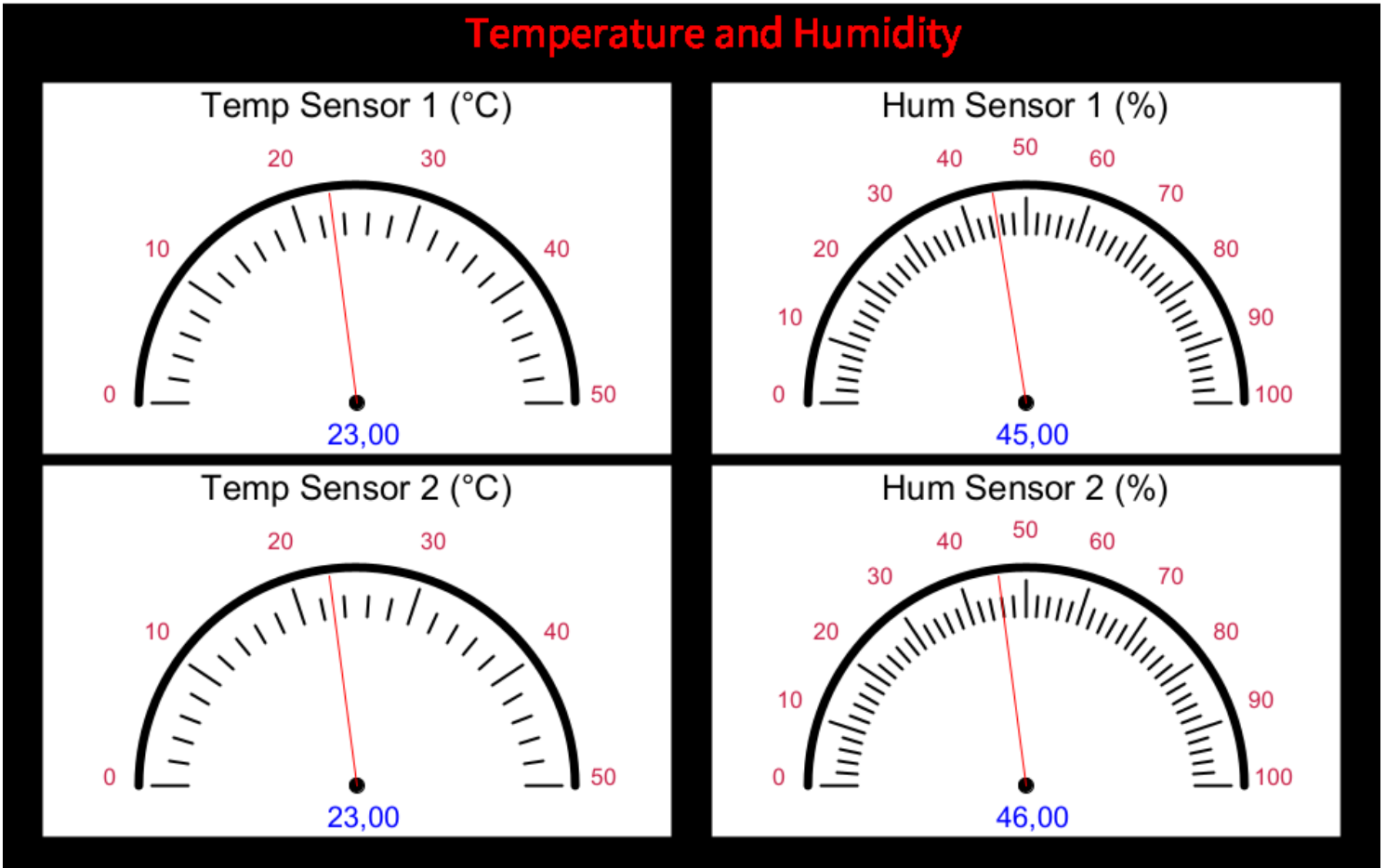


Εικόνα 3.4  
Οπτικός Συναγερμός



Εικόνα 3.5  
Τελικό Αποτέλεσμα με χρήση δυο αισθητήρων

## Temperature and Humidity



Εικόνα 3.6  
Απεικόνιση στο Processing

Κάθε κατασκευή, πρέπει να έχει προδιαγραφές από τον κατασκευαστή της, όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι και ο συντάκτης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας. Με γνώμονα την εμπειρία αλλά και την γνώση από το Τμήμα Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, ακολούθησε μια σειρά από εργαστηριακές δοκιμές και παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.1 και 3.2 τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών. Στην ερευνητική βιβλιογραφία της εργασίας εντοπίστηκε όπως και αναφέρθηκε ότι τα διάφορα ψυγεία που σχετίζονται με το αίμα φτάνουν έως και τους -40 βαθμούς (σπάνια -65). Ενώ, η τοποθεσία τους μπορεί να είναι σε σημείο όπου λόγω θερμοκρασία δωματίου, σε περίπτωση βλάβης, η θερμοκρασία να φτάσει μέχρι και τους 80 βαθμούς κελσίου. Η τιμή αυτή είναι μη επιθυμητή όμως πρέπει από την διάταξη να είναι μετρήσιμη και ο αισθητήρας να παρουσιάζει την σχετική ευαισθησία. Στην μέτρηση της απόστασης, ως βήμα χρησιμοποιήθηκε το ένα μέτρο. Παρατηρήθηκε ότι η επικοινωνία ήταν άριστη μέχρι τα εννέα μέτρα. Και οι δυο διατάξεις, λειτουργούν με σταθερό τροφοδοτικό DC, το οποίο και πρέπει να βρίσκεται σε πρίζα UPS του νοσοκομειακού χώρου ή της τράπεζας αίματος. Εφεδρικά υπάρχει μπαταρία 9V. Για την αυτονομία της μπαταρίας και μέχρι να επέλθει επαναφορά του δικτύου της ΔΕΗ ή να λειτουργήσει η εφεδρική γεννήτρια, έγινε έλεγχος σε τυπική χρήση σε οικιακό ψυγείο με θερμοκρασίας λειτουργίας τους οκτώ βαθμούς κελσίου με μπαταρία εμπορίου αλκαλική ονομαστικής τάσης 9V.

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 – ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>			
Παράμετρος	Μονάδα Μέτρησης	Τιμή/Εύρος	Αποτέλεσμα
Θερμοκρασία	°C	-40 έως 80	Εντός προδιαγραφών
Υγρασία	%	0 έως 100	Εντός προδιαγραφών
Απόσταση	m	1 έως 9	Εντός προδιαγραφών
Απόσταση	m	m>10	Εκτός προδιαγραφών
Αυτονομία	Ώρες	48 - 72	Εντός προδιαγραφών
Αλάρμ	db	db>85	Εντός προδιαγραφών

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 – ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΒΟΛΩΝ</b>		
Απόσταση (m)	Παρεμβολές	Λήψη Πληροφορίας
1	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
2	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
3	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
4	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
5	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
6	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
7	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
8	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
9	ΌΧΙ	ΠΛΗΡΩΣ
10	ΝΑΙ	ΜΕΡΙΚΩΣ

#### **4. Σχολιασμός και Συμπεράσματα**

Οι δοκιμές του πειράματος πραγματοποιήθηκαν στις αποστάσεις που περιγράφονται στον πίνακα 3.1. Οι αποστάσεις αφορούν ανοικτό χώρο σε αστικό περιβάλλον και σε ευθεία. Δηλαδή κάθε φορά, η απόσταση μεταξύ αποστολέα και δέκτη είναι στα μέτρα που αναγράφονται στην αριστερή στήλη του πίνακα. Οι παρεμβολές εξετάστηκαν επειδή όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο η μέθοδος διασύνδεσης των δυο arduino είναι αρκετά ευαίσθητη στον θόρυβο. Ως δείκτης παρεμβολής λήφθηκε υπόψιν η τιμή εξόδου του αισθητήρα DHT22 που εμφανίζεται ως NAN είτε στην θερμοκρασία είτε στην υγρασία. Στην



πραγματικότητα δεν έχει τέτοια έξοδο ο αισθητήρας, αλλά ο αλγόριθμος και η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται επιστρέφει αυτή την τιμή όταν δεν υπάρχει η προβλεπόμενη έξοδος. Όπως είχε οριστεί στην αρχή οι επιθυμητές θερμοκρασίες είναι μεταξύ 2 και 6 βαθμών Κελσίου. Επομένως έχει οριστεί ως κατώφλι χαμηλής θερμοκρασίας η τιμή των 2 °C και ως ανώτερο όριο η τιμή των 6°C. Για την διασφάλιση της ποιότητας του αίματος αλλά και την έγκαιρη προειδοποίηση του χρήστη, τοποθετήθηκε οπτικοακουστικός συναγερμός. Ο συναγερμός ηχεί και το LED ενεργοποιείται όταν ξεπεραστούν τα παραπάνω όρια. Υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την διάρκεια, όπου για υψηλή θερμοκρασία η διάρκεια είναι 1000ms ενώ για χαμηλότερη από την προβλεπόμενη θερμοκρασία, η διάρκεια είναι 500ms. Σε κάθε περίπτωση παραβίασης της σωστής συνθήκης λειτουργίας, πέραν των συναγερμών εμφανίζεται και αντίστοιχο μήνυμα στην LCD οθόνη όπως φαίνεται στις εικόνες: 3.2, 3.3 και 3.4. Όταν όλα λειτουργούν εντός φυσιολογικών καταστάσεων τότε εμφανίζεται η ένδειξη της εικόνας 3.1. Το uptime υπολογίζεται με εσωτερικό αλγόριθμο και μηδενίζει κάθε φορά που γίνεται RESET στο arduino. Τέλος αναφέρεται πως ο αποστολέας τροφοδοτείται από μπαταρία 9V DC, ενώ ο δέκτης από σειριακή θύρα usb, καθώς επικοινωνεί και με το περιβάλλον του arduino (Serial COM) για λόγους αποσφαλμάτωσης.

### *Προβλήματα*

Η υλοποίηση αυτής της κατασκευής ήρθε αντιμέτωπη με μία κύρια δυσκολία, όπου και τελικά δεν ήταν εφικτό να ξεπεραστεί. Η καταγραφή σε κάρτα μνήμης των τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί από την αρχή της υλοποίησης της εργασίας. Αυτό συνέβη διότι τα αρχικά υλικά που αγοράστηκαν για την εργασία είχαν επιλεγεί βάση αρχικής θεωρητικής υπόθεσης. Όταν ξεκίνησε η κατασκευή, επακολούθησε και το πραγματικό εμπόδιο. Το πρόβλημα ήταν ότι το breakout board για την καταγραφή των τιμών, χρησιμοποιεί αποκλειστικά το pin 11 και 12 τα οποία δεν μπορούν να αλλάξουν, διότι αφορά την εσωτερική αρχιτεκτονική του arduino το οποίο καθορίζει αυτά ως pin MISO, MOSI, που έχουν να κάνουν την επικοινωνία και την ψηφιακή λογική. Ταυτόχρονα όμως χρησιμοποιούν και τα δυο Pin ο δέκτης και ο αποστολέας, ένα η κάθε διάταξη αντίστοιχα. Τα οποία ορίζονται στην βιβλιοθήκη και δεν μπορούν να αλλάξουν. Η αρχική αναζήτηση λύσης, ήταν να αντικατασταθούν τα pin 11 και 12 του arduino με άλλα που ήταν ελεύθερα προς χρήση. Η λογική είχε, μετά από αναζήτηση σχετικών πληροφοριών ότι τα pin μπορούν να αλλάξουν πηγαίνοντας εδώ: «C:\ProgramFiles(x86)\Arduino\hardware\arduino\avr\variants\standard\pins\_arduino.h». Η λογική αυτή δεν λειτούργησε. Επόμενη σκέψη ήταν, να παρεμβάλλεται μεταξύ των 2 pin του breakout board και του αποστολέα ή του δέκτη, μια λογική πύλη NOT όπου θα αποκλείει το ένα pin, όσο λειτουργεί το άλλο, δηλαδή, έστω στην διάταξη του δέκτη, όταν θα λαμβάνει την πληροφορία η πύλη NOT θα αποκλείει το pin που συνδέεται με το breakout board και μόλις ληφθεί το μήνυμα θα συνδέει σε υψηλό δυναμικό το άλλο pin έτσι ώστε να μπορεί να καταγράψει τις πληροφορίες. Η λογική αυτή, όντας ασταθής δεν ήταν εφικτό να δοκιμαστεί, διότι και στις δυο διατάξεις του δέκτη και του αποστολέα, όταν έγινε ενσωμάτωση της βιβλιοθήκης sd.h, απαραίτητη για την καταγραφή των πληροφοριών, εμφάνισε το περιβάλλον προγραμματισμού του arduino, προειδοποιητικό μήνυμα για υψηλό ποσοστό χρήσης της μνήμης και πιθανών να δημιουργήσει αστάθεια στον κώδικα. Το αποτέλεσμα ήταν να

δημιουργηθεί στην πραγματικότητα πρόβλημα στον κώδικα και να είναι πολύ ασταθές οι μετρήσεις και μη αξιόπιστες. Λύσεις που δεν δοκιμάστηκαν λόγω αυξημένου κόστους ήταν: η χρήση άλλου μέσου επικοινωνίας μεταξύ των δυο διατάξεων (WIFI, Bluetooth), η χρήση άλλου μέσου αποθήκευσης (USB) και τέλος η χρήση διαφορετικού arduino όπως το Mega. Οι παραπάνω λύσεις και θεωρητικές προσεγγίσεις αναφέρονται για βιβλιογραφικούς σκοπούς μιας και το αποτέλεσμά τους είναι αμφίβολο.

#### Προδιαγραφές Κατασκευής

- Εμβέλεια: πάνω από 9 μέτρα χωρίς εμπόδια.
- Αυτονομία: τουλάχιστον 3ς ημέρες με μπαταρία 9V DC.
- Βαθμονόμηση από τον χρήστη: δεν απαιτείται, αντικατάσταση του αισθητήρα σε περίπτωση βλάβης.
- Περιοδικός έλεγχος: δεν απαιτείται.
- Συντήρηση από τον κατασκευαστή: δεν απαιτείται.

## Βιβλιογραφία

1. Alan Charles Raul (2019). The privacy, data protection and cybersecurity law review. London, Uk: Law Business Research Limited.
2. American (2011). *Technical Manual of the American Association of Blood Banks*. Arlington, Va. Amer Assn Of Blood Banks.
3. Arctiko International. (n.d.). Blood Bank Refrigerators +4°C | Biomedical Refrigerators. [online] Available at: <https://arctiko.com/products/4-c-blood-bank-refrigerators/> [Accessed 30 Jun. 2023].
4. Arduino.cc. (2019). Arduino - Home. [online] Available at: <https://www.arduino.cc>.
5. Azzam F G Taktak, Ganney, P., Long, D. and Axell, R. (2020). Clinical engineering : a handbook for clinical and biomedical engineers. Amsterdam: Academic Press
6. Carr, J.J. and John Michael Brown (2001). Introduction to biomedical equipment technology. Upper Saddle, Nj Prentice Hall.
7. Carson, J.L., Guyatt, G., Heddle, N.M., Grossman, B.J., Cohn, C.S., Fung, M.K., Gernsheimer, T., Holcomb, J.B., Kaplan, L.J., Katz, L.M., Peterson, N., Ramsey, G., Rao, S.V., Roback, J.D., Shander, A. and Tobian, A.A.R. (2016). Clinical Practice Guidelines From the AABB: Red Blood Cell Transfusion Thresholds and Storage. JAMA, [online] 316(19), pp.2025–2035. doi:<https://doi.org/10.1001/jama.2016.9185>.
8. Cromwell, L., Weibell, F.J. and Pfeiffer, E.A. (1980). Biomedical Instrumentation and Measurements. Prentice Hall.
9. Davenport, T.H. and Harris, J.G. (2007). Competing on analytics : the new science of winning. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
10. Dyro, J.F. (2004). Clinical engineering handbook. Amsterdam ; Boston: Elsevier Academic Press.
11. Foreman, J.W. (2014). Data smart : using data science to transform information into insight. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

12. Forouzan, B.A. and Sophia Chung Fegan (2007). Data communications and networking. Boston: Mcgraw-Hill Higher Education, C.
13. Fredrick, J., Berger, J.J. and Menitove, J.E. (2020). Strategic issues currently facing the US blood system. *Transfusion*, 60(5), pp.1093–1096.  
doi:<https://doi.org/10.1111/trf.15769>.
14. Fritzing.org. (n.d.). Fritzing. [online] Available at: <https://fritzing.org>.
15. Gehealthcare.com. (2019). Healthcare Systems Home. [online] Available at: <https://www.gehealthcare.com>.
16. Halt, G.B., Donch, J.C., Stiles, A.R., Lisa Jenkins Vanluvane, Theiss, B.R. and Blue, D.L. (2019). FDA and intellectual property strategies for medical device technologies. Cham, Switzerland: Springer.
17. Hayes, A. (2021). Quality Control. [online] Investopedia. Available at: <https://www.investopedia.com/terms/q/quality-control.asp>.
18. Hillyer, C.D. (2007). Blood banking and transfusion medicine : basic principles and practice. Philadelphia: Churchill Livingstone.
19. ISO (2015). ISO 9000 Family – Quality Management. [online] ISO. Available at: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>.
20. Joint Ukbts/Hpa Professional Advisory Committee (2013). Guidelines for the blood transfusion services in the United Kingdom. London: Tso.
21. Kiely, P., Eliades, L.A., Mekonnen Tefera Kebede, Stephenson, M.D. and Jardine, D. (2002). Anti-HCV confirmatory testing of voluntary blood donors: comparison of the sensitivity of two immunoblot assays. 42(8), pp.1053–1058.  
doi:<https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.2002.00153.x>.
22. Marco, D. (2000). Building and managing the meta data repository : a full lifecycle guide. New York: Wiley.
23. Olson, J.E. (2003). Data Quality. Elsevier.
24. Pawlicki, T. and Al, E. (2011). Quality and safety in radiotherapy. Boca Raton, FL: Taylor & Francis
25. Processing.org. (n.d.). Processing.org. [online] Available at: <https://processing.org>.
26. Provost, F. and Fawcett, T. (2013). Data science for business : what you need to know about data mining and data-analytic thinking. Sebastopol, CA: O’Reilly Media.
27. Provost, F. and Fawcett, T. (2013). Data science for business. Beijing: O’reilly.
28. Raghbir Singh Khandpur (2015). Handbook of biomedical instrumentation. New York: Mcgraw-Hill.
29. Rogers, K. and Hoopla Digital (2011). Blood : Physiology and Circulation. United States: Britannica Digital Learning.
30. Schreiber, G.B., Busch, M.P., Kleinman, S.H. and Korelitz, J.J. (1996). The Risk of Transfusion-Transmitted Viral Infections. *New England Journal of Medicine*, 334(26), pp.1685–1690. doi:<https://doi.org/10.1056/nejm199606273342601>.
31. Stefan Silbernagl and Agamemnon Despopoulos (2010). *Εγχειρίδιο Φυσιολογίας*. Κόπρος: Broken Hill Publishers Ltd
32. W Mark Saltzman and Cambridge University Press (2017). Biomedical engineering : bridging medicine and technology. Cambridge: Cambridge University Press.
33. Webster, J.G. (2020). Medical instrumentation : application and design. Hoboken, Nj: Wiley.

## Παράρτημα

### ΠΛΗΡΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΕΑ

```
#include <RH_ASK.h> //Βιβλιοθήκη για το transmitter
#include <SPI.h> //Απαραίτητη βιβλιοθήκη για την άνωθεν
#include "DHT.h" //Βιβλιοθήκη του Αισθητήρα
#define DHTPIN 8
#define DHTTYPE DHT22

// Καθορισμός μεταβλητών για θερμοκρασία και υγρασία
// Καθορισμός συμβολοσειρών για την αποστολή των τιμών υγρασίας και
θερμοκρασίας
// Καθορισμός ακέραιου i ώστε να γίνεται έλεγχος ορθότητας του μηνύματος
προς αποστολή
const int chipSelect = 4;

float hum;
float temp;
int i = 0;
String str_humid;
String str_temp;
String str_out;
//time test start
int sec = 0;
int mn = 0;
int h = 0;
int d = 0;
//time test end
```

```

RH_ASK driver(2000, 3, 7, 0);
RH_ASK rf_driver;
const int transmit_pin = 7;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  rf_driver.init();
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  delay(2000);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  hum = dht.readHumidity();
  temp = dht.readTemperature();
  str_humid = String(hum);
  str_temp = String(temp);
  str_out = str_humid + "," + str_temp;
  static char *msg = str_out.c_str(); // .c_str Κάνει την συμβολοσειρά--> char
  rf_driver.send((uint8_t *)msg, strlen(msg)); // uint8_t τύπος προς αποστολή,
  strlen = "string length"
  rf_driver.waitPacketSent();

  for ( i = 0; i < str_out.length(); i++) {
    if (str_out.substring(i, i + 1) == ",") {
      str_humid = str_out.substring(0, i);

```

```
    str_temp = str_out.substring(i + 1);
    break;
}
}
sec = sec + 2;
if (sec == 60)
{
    {
        sec = 0;
        mn = mn + 1;
    }
    if (mn == 60)
    {
        mn = 0;
        h = h + 1;
    }
    if (h == 24)
    {
        d = d + 1;
        h = 0;
    }
    else
    {
        sec = sec; mn = mn; h = h; d = d;
    }
}
```

```
Serial.print("Uptime: ");
Serial.print(h);
Serial.write(":");
Serial.print(mn);
Serial.write(":");
Serial.print(sec);
Serial.write(" ");
Serial.print("Temp is ");
Serial.print(temp);
Serial.print(" Humid is ");
Serial.println(hum);
delay(2000);
}
```

## ΠΛΗΡΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΕΑ

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <RH_ASK.h>
#define buffsize 11
uint8_t buf[buffsize];
uint8_t buflen = buffsize;

int sec = 0;
int mn = 0;
int h = 0;
int d = 0;
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);
```

```

RH_ASK driver(2000, 3, 7, 0);
String str_humid;
String str_temp;
String str_out;
int i = 0;
RH_ASK rf_driver;
const int transmit_pin = 7;
const int chipSelect = 4;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  rf_driver.init();
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Monitoring");
  lcd.setCursor(3, 1);
  delay(100);
  lcd.print("Temp&Hum");
  delay(3000);
  lcd.clear();
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

```



```

uint8_t buf[11];
uint8_t buflen = sizeof(buf);
if (rf_driver.recv(buf, &buflen))
{
    str_out = String((char*)buf);
    for ( i = 0; i < str_out.length(); i++) {
        if (str_out.substring(i, i + 1) == ",") {
            str_humid = str_out.substring(0, i);
            str_temp = str_out.substring(i + 1);
            break;
        }
    }
    sec = sec + 2;
    if (sec == 60)
    {
        {
            sec = 0;
            mn = mn + 1;
        }
        if (mn == 60)
        {
            mn = 0;
            h = h + 1;
        }
        if (h == 24)
        {
            d = d + 1;

```

```
    h = 0;
  }
  else
  {
    sec = sec; mn = mn; h = h; d = d;
  }
}
```

```
Serial.print("Humidity: ");
Serial.print(str_humid);
Serial.print(" - Temperature: ");
Serial.println(str_temp);
delay(50);
```

```
}
lcd.print("Uptime: ");
lcd.print(h);
lcd.write(":");
lcd.print(mn);
lcd.write(":");
lcd.print(sec);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T=");
lcd.print(str_temp);
//lcd.print((char)223);
//lcd.write("C ");
lcd.print(" H=");
```

```
lcd.print(str_humid);
lcd.write("%");
delay(200);
lcd.home();
long f = str_temp.toInt();

if (f < 2)
{
  lcd.home();
  lcd.print("!LOW TEMP! ");
  delay(500);
  digitalWrite(13,HIGH);
  digitalWrite(8,HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(13,LOW);
  digitalWrite(8,LOW);
}
if (f > 6)
{
  lcd.home();
  lcd.print("!HIGH TEMP! ");
  delay(500);
  digitalWrite(13,HIGH);
  digitalWrite(8,HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(13,LOW);
  digitalWrite(8,LOW);
}
```

```
}  
Serial.println(f);}
```

## ΠΛΗΡΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ PROCESSING

```
import processing.serial.*;  
import java.io.PrintWriter;  
import meter.*;  
Meter m,m2,m3,m4;  
Serial myPort;  
float H1, T1, H2, T2;  
int t1,t2,h1,h2;  
void setup() {  
  size(950, 600);  
  background(0,0,0);  
  myPort = new Serial(this, "COM4", 9600);  
  // TEMP SENSOR 1  
  m = new Meter(this,25,50);  
  m.setTitle("Temp Sensor 1 (°C)");  
  String[] scaleLabels = {"0","10", "20", "30", "40", "50"};  
  m.setScaleLabels(scaleLabels);  
  m.setScaleFontColor(color(200,30,70));  
  m.setDisplayDigitalMeterValue(true);  
  m.setMaxScaleValue(50);  
  m.setMinInputSignal(0);  
  m.setMaxInputSignal(50);  
  // HUM SENSOR 1  
  int mx = m.getMeterX();  
  int my = m.getMeterY();  
  int mw = m.getMeterWidth();  
  int mh = m.getMeterHeight();  
  m2 = new Meter(this, mx + mw + 20, my);
```

```

m2.setTitle("Hum Sensor 1 (%)");
String[] scaleLabels2 = {"0", "10", "20", "30", "40", "50", "60", "70", "80", "90", "100"};
m2.setScaleLabels(scaleLabels2);
m2.setScaleFontColor(color(200,30,70));
m2.setDisplayDigitalMeterValue(true);
m2.setMaxScaleValue(100);
m2.setMinInputSignal(0);
m2.setMaxInputSignal(100);
// TEMP SENSOR 2
m3 = new Meter(this,25,mh+50);
m3.setTitle("Temp Sensor 2 (°C)");
m3.setScaleLabels(scaleLabels);
m3.setScaleFontColor(color(200,30,70));
m3.setDisplayDigitalMeterValue(true);
m3.setMaxScaleValue(50);
m3.setMinInputSignal(0);
m3.setMaxInputSignal(50);
//HUM SENSOR 2
m4 = new Meter(this, mx+mw+20,mh+50);
m4.setTitle("Hum Sensor 2 (%)");
m4.setScaleLabels(scaleLabels2);
m4.setScaleFontColor(color(200,30,70));
m4.setDisplayDigitalMeterValue(true);
m4.setMaxScaleValue(100);
m4.setMinInputSignal(0);
m4.setMaxInputSignal(100);
}
void draw() {
  if (myPort.available() > 0) {
    String input = myPort.readStringUntil('\n');

```

```

if (input != null) {
    input = input.trim();
    String[] values = input.split(",");
    if (values.length >= 4) { // If there are at least 4 values in the array
        H1 = float(values[0]); // Convert the first value to a float and assign it to H1
        h1 = int(H1);
        T1 = float(values[1]); // Convert the second value to a float and assign it to T1
        t1 = int(T1);
        H2 = float(values[2]); // Convert the third value to a float and assign it to H2
        h2 = int(H2);
        T2 = float(values[3]); // Convert the fourth value to a float and assign it to T2
        t2 = int(T2); } } }
    textSize(30);
    fill(250,0,0);
    text("Temperature and Humidity",320,30);
    m.updateMeter(t1);
    m2.updateMeter(h1);
    m3.updateMeter(t2);
    m4.updateMeter(h2);
}

```